



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**USULAN PENYELESAIAN MASALAH REKAYASA  
TANAH UNTUK JALAN DAN GEDUNG DI ATAS  
TANAH EKSPANSIF  
STUDI KASUS SURABAYA BARAT**

**SAMUEL GIOVANNI**  
NRP: 3114100112

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Prof. Ir. Noor Endah, M. Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018





---

TUGAS AKHIR – RC14-1501

**USULAN PENYELESAIAN MASALAH REKAYASA  
TANAH UNTUK JALAN DAN GEDUNG DI ATAS  
TANAH EKSPANSIF  
STUDI KASUS SURABAYA BARAT**

SAMUEL GIOVANNI  
NRP: 3114100112

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Prof. Ir. Noor Endah, M. Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018



---

TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PROPOSED ALTERNATIVES OF SOIL  
ENGINEERING FOR ROADS AND BUILDING ON  
THE EXPANSIVE SOIL  
CASE STUDY OF WEST SURABAYA**

**SAMUEL GIOVANNI**  
NRP: 3114100112

First Supervisor  
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D

Second Supervisor  
Prof. Ir. Noor Endah, M. Sc., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018

**USULAN PENYELESAIAN MASALAH  
REKAYASA TANAH UNTUK JALAN DAN  
GEDUNG DI ATAS TANAH EKSPANSIF  
STUDI KASUS SURABAYA BARAT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**SAMUEL GIOVANNI**

**3114100112**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D
2. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D

*Indrasurya B. Mochtar*  
*Noor Endah*



**SURABAYA  
JANUARI 2018**



# **USULAN PENYELESAIAN MASALAH REKAYASA TANAH UNTUK JALAN DAN GEDUNG DI ATAS TANAH EKSPANSIF STUDI KASUS SURABAYA BARAT**

**Nama Mahasiswa** : Samuel Giovanni  
**NRP** : 3114100112  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSLK-ITS  
**Dosen Pembimbing 1** : Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar,  
M. Sc. Ph. D  
**Dosen Pembimbing 2** : Prof. Ir. Noor Endah, M. Sc., Ph.D

## **ABSTRAK**

*Tanah ekspansif merupakan salah satu jenis tanah bermasalah yang paling sering ditemui di Indonesia. Tingginya kemampuan kembang susut saat mengalami perubahan kadar air merupakan sifat yang menonjol pada tanah ekspansif. Dalam kondisi basah, volume tanah ekspansif akan bertambah dan sebaliknya di saat kering, volume tanah ekspansif akan mengecil. Perubahan volume inilah yang sering menyebabkan kerusakan pada bangunan sipil yang berdiri di atas tanah ekspansif. Surabaya Barat juga mengalami masalah akibat tanah ekspansif, oleh karena itulah dibutuhkan suatu alternative usulan penyelesaian untuk menyelesaikan masalah ini.*

*Kontur tanah Surabaya Barat yang naik turun menyerupai bukit dan lembah membuat perencanaan perbaikan tanah untuk jalan dan gedung di 2 jenis lokasi tersebut menjadi berbeda. Hal ini disebabkan karena, daerah lembah akan sangat mungkin tergenang air pada saat musim penghujan dikarenakan air hujan secara langsung maupun air hujan yang*

*mengalir dari bukit, oleh karena itu digunakan metode Keep it Wet untuk setiap perencanaan yang dilakukan. Sedangkan di daerah bukit tidaklah demikian, pembasahan hanya terjadi di daerah permukaan karena sifat alami air yang mengalir ke tempat yang lebih rendah menyebabkan tidak mungkin terjadi genangan. Namun tetap dibutuhkan perencanaan untuk memastikan agar tidak mempengaruhi kadar air dalam tanah di atas bukit. Oleh karena itu pada perencanaan di Bukit, digunakan metode Keep it Dry.*

*Dalam Tugas akhir ini penulis telah membandingkan 2 alternatif untuk tiap kondisi. Didapatkan melalui Tugas Akhir ini bahwa alternatif terbaik berdasarkan biaya untuk Perencanaan Perbaikan Tanah untuk Jalan di Bukit adalah Penggunaan Geomembran pada Parit; Jalan di Lembah adalah Penggunaan Geomembran di Bawah Badan Jalan; Rumah di Bukit dan Lembah adalah Penggunaan Geomembran di sekeliling rumah.*

**Kata Kunci: Tanah Ekspansif, Rekayasa Tanah Ekspansif, Keep it Wet, Keep it Dry, Surabaya Barat**



**PROPOSED ALTERNATIVES OF SOIL  
ENGINEERING FOR ROADS AND BUILDING ON  
THE EXPANSIVE SOIL  
CASE STUDY OF WEST SURABAYA**

**Student's Name** : Samuel Giovanni  
**NRP** : 3114100112  
**Department** : Teknik Sipil FTSLK-ITS  
**Supervisor 1** : Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar,  
M.Sc. Ph.D  
**Supervisor 2** : Prof. Ir. Noor Endah, M. Sc., Ph.D

**ABSTRACT**

*Expansive soil is one of the most troublesome soil types in Indonesia. The high ability of shrinkage when experiencing changes in water content is a prominent feature on expansive soil. In wet conditions, expansive soil's volume will increase and vice versa in the dry, expansive soil's volume will decrease. This volume change often causes damage to civilian buildings standing on expansive ground. West Surabaya is also experiencing problems due to expansive soil, hence it needs an alternative proposed settlement to solve this problem.*

*West Surabaya land contours that rise and fall resembles hills and valleys making land improvement plans for roads and buildings in 2 different types of locations. This is because, the valley area will very likely flooded during the rainy season due to rain water directly or rain water that flows from the hill, therefore used Keep it Wet method for every planning done. While in the hill area it is not so, wetting occurs only in the surface area because the nature of water flowing to the lower ground causes no puddle. However, planning is still needed to ensure that it does not affect the water content in the*

*soil above the hill. Therefore, in the planning on the Hill, used the Keep It Dry method.*

*In this final project the author has compared 2 alternatives for each condition. Obtained through this Final Project that the best alternative based on price for Land Improvement Planning for Roads on the Hill is the Use of Geomembranes in the Trenches; for The Road in the Valley is the Use of Geomembrane under the Road Body; for the house in Hill and Valley is the use of Geomembranes around the house.*

**Keywords: Expansive Soil, Soil Engineering, Keep it Wet, Keep it Dry, West Surabaya**

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini secara tepat waktu.

Laporan Tugas Akhir ini berjudul “Usulan Penyelesaian Masalah Rekayasa Tanah Untuk Jalan dan Gedung di Atas Tanah Ekspansif Studi Kasus Surabaya Barat”. Dalam Laporan Tugas Akhir ini secara garis besar membahas tentang alternatif-alternatif yang dapat digunakan sesuai dengan kondisi pada wilayah studi, kemudian menentukan manakah alternatif terbaik.

Pada akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing Laporan Tugas Akhir atas bimbingan, ilmu yang dibagikan dan pengertian yang diberikan.
2. Ibu Prof. Ir. Noor Endah, M. Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing Laporan Tugas Akhir atas bimbingan, ilmu yang dibagikan dan pengertian yang diberikan.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA selaku dosen wali.
4. Bapak Trijoko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS
5. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar Departemen Teknik Sipil FTSLK – ITS.
6. Keluarga penulis yang mendukung dan memberi semangat kepada penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
7. Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Laporan Tugas akhir ini.

Dalam penulisan laporan ini, penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Maka kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi laporan di masa yang akan datang.

Semoga proposal ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis serta semua pihak yang terkait.

Surabaya, 5 September 2017

(Penulis)

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Tugas Akhir .....	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir .....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Tanah Ekspansif .....	7
2.1.1 Definisi Tanah Ekspansif .....	7
2.1.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kembang Susut Tanah .....	8
2.1.3 Struktur Mineral Penyusun Tanah Lempung Ekspansif .....	12
2.1.4 Penyebaran Tanah Ekspansif .....	14
2.1.5 Kerugian Akibat Tanah Ekspansif .....	18
2.2 Klasifikasi Tanah .....	22
2.3 Klasifikasi Tanah Ekspansif .....	29
2.4 Zona Aktif .....	33
2.5 Mekanisme Kembang Susut Tanah Ekspansif .....	34
2.6 Perencanaan Perlindungan Talud/Lereng .....	35
2.7 Metode Perbaikan/Rekayasa Tanah Ekspansif .....	38
2.7.1 Pendekatan Terhadap Desain Konstruksi .....	38
2.7.2 Pendekatan Terhadap Tanah Ekspansif .....	44
<b>BAB 3 METODOLOGI .....</b>	<b>49</b>
3.1 Bagan Alir .....	49

<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>53</b>
4.1    Analisa Data Tanah .....	53
4.2    Perilaku Tanah di Wilayah Studi .....	55
4.3    Perencanaan Perlindungan Talud .....	56
4.4    Usulan Penyelesaian.....	57
4.4.1    Usulan Penyelesaian di Bukit.....	58
4.4.2    Usulan Penyelesaian di Lembah.....	65
4.5    Estimasi Biaya.....	68
4.5.1    Perencanaan Perbaikan Tanah untuk Jalan di Bukit .....	69
4.5.2    Perencanaan Perbaikan Tanah untuk Rumah di Bukit .....	69
4.5.3    Perencanaan Perbaikan Tanah untuk Jalan di Lembah .....	70
4.5.4    Perencanaan Perbaikan Tanah untuk Rumah di Lembah .....	71
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>73</b>
5.1    Kesimpulan .....	73
5.2    Saran.....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>75</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>76</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kontur Tanah di Perumahan Citraland, Surabaya Barat .....	2
Gambar 1.2 Sketsa Potongan Melintang Kontur .....	3
Gambar 1.3 Lokasi Perencanaan; Kawasan Perumahan Citraland, Surabaya Barat, Jawa Timur.....	3
Gambar 2.1 Struktur <i>Kaolinite</i> (DAS Braja M, 1988) .....	13
Gambar 2.2 Struktur <i>Montmorillonite</i> (DAS Braja M, 1988) .....	13
Gambar 2.3 Struktur <i>Illite</i> (DAS Braja M, 1988).....	14
Gambar 2.4 Sebaran Tanah Ekspansif di Dunia (Chen, 1975 dan Sudjianto, 2012) .....	15
Gambar 2.5 Sebaran Tanah Ekspansif di Indonesia (Sudjianto, 2012) .....	16
Gambar 2.6 Lokasi Tanah Ekspansif di Pulau Jawa (Sudjianto, 2007) .....	16
Gambar 2.7 Kerusakan akibat Tanah Ekspansif di Canada ...	19
Gambar 2.8 Kerusakan akibat Tanah Ekspansif di Texas, Amerika Serikat .....	19
Gambar 2.9 Kerusakan akibat Tanah Ekspansif di Mexico ...	21
Gambar 2.10 Kerusakan Jalan dan Bangunan Rumah Tinggal di Soko, Kabupaten Ngawi (Sudjianto, 2007).....	22
Gambar 2.11 Grafik Hubungan antara Plastiscity Index dan Prosentase Fraksi Lempung .....	30
Gambar 2.12 Grafik Hubungan antara Indeks Uji dengan tingkat pengembangan.....	31
Gambar 2.13 Grafik Hubungan antara Aktivitas dan Prosentase Lempung (Seed, dkk., 1962).....	32
Gambar 2.14 Profil Kadar Air Tanah pada Zona Aktif (Ning Lu & Likos, 2004) (Victorine, dkk., 1997) .....	34
Gambar 2.15 Mekanisme Kerusakan Jalan Akibat Kembang Susut Tanah Dasar (Myers, 2005).....	35

Gambar 2.16 Mekanisme Kerusakan Lereng Akibat Air (Mochtar, 2000).....	36
Gambar 2.17 Contoh Perencanaan Perkuatan Lereng (Mochtar, 2000).....	37
Gambar 2.18 Contoh Perencanaan Perkuatan Lereng menggunakan Geotextile. (Mochtar, 2000).....	37
Gambar 2.19 Simulasi Pondasi Setempat untuk membuat $\sigma'_p$ besar (Mochtar,2000) .....	38
Gambar 2.20 Simulasi Pondasi Sumuran/Tiang Strauss sampai di Bawah Lapisan Tanah Kembang Susut (Mochtar,2000) ...	38
Gambar 2.21 Simulasi Mengganti Lapisan Tanah Dasar dengan Tanah yang lebih baik atau telah distabilisasi (Mochtar,2000).....	39
Gambar 2.22 Simulasi Menjaga Tinggi Muka Air Tanah di Bawah Bangunan (Mochtar,2000) .....	39
Gambar 2.23 Simulasi Menutup Daerah di Sekitar Bangunan dengan Lapisan Kedap Air (Mochtar,2000).....	40
Gambar 2.24 Simulasi Membangun Bangunan di Atas Tanah Timbunan yang Baik (Mochtar,2000) .....	40
Gambar 2.25 Simulasi Pencegahan Perubahan Kadar Air 1 (Mochtar,2000).....	41
Gambar 2.26 Simulasi Pencegahan Perubahan Kadar Air 2 (Mochtar,2000).....	41
Gambar 2.27 Simulasi Pencegahan Perubahan Kadar Air 3 (Mochtar,2000).....	42
Gambar 2.28 Simulasi Pencegahan Perubahan Kadar Air 4 (Mochtar,2000).....	42
Gambar 2.29 Simulasi Pencegahan Perubahan Kadar Air 5 (Mochtar, 2000).....	42
Gambar 2.30 Simulasi Pencegahan Perubahan Kadar Air 6 (Mochtar,2000).....	43
Gambar 2.31 Grafik Swelling Magnitude .....	43



Gambar 2.32 Grafik Swelling Pressure .....	44
Gambar 3.1 Diagram alir Tugas Akhir.....	49
Gambar 4.1 Contoh Plotting Data LL dan PI Tanah Kedalaman 0-8m untuk Klasifikasi USCS .....	54
Gambar 4.2 Identifikasi Potensi Pengembangan Metode Skempton.....	56
Gambar 4.3 Rencana Perlindungan Talud.....	57
Gambar 4.4 Perencanaan Stabilisasi Kapur .....	62
Gambar 4.5 Rencana Pemasangan Geomembrane.....	62
Gambar 4.6 Skema Perencanaan Penggantian Material.....	64
Gambar 4.7 Skema Perencanaan Geomembran di Sekeliling Rumah .....	65
Gambar 4.8 Skema Pemasangan Geomembran .....	67
Gambar 4.9 Skema Perencanaan Timbunan.....	68

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Korelasi Nilai Indeks Plastisitas (PI) dengan tingkat pengembangan (Seta, 2006) .....	8
Tabel 2.2 Korelasi data lapangan dan laboratorium dengan tingkat pengembangan (Seta, 2006) .....	8
Tabel 2.3 Sifat Tanah yang Mempengaruhi Perilaku Kembang Susut Tanah Ekspansif (Nelson dan Miller, 1992).....	9
Tabel 2.4 Kondisi Lingkungan yang Mempengaruhi Potensi Kembang Susut Tanah Ekspansif (Nelson dan Miller, 1992)	10
Tabel 2.5 Potensi Kembang Susut Tanah Ekspansif di Pulau Jawa.....	17
Tabel 2.6 Perkiraan Kerugian akibat Tanah Ekspansif (Chen, 1975) .....	18
Tabel 2.7 Simbol Sistem Klasifikasi USCS .....	25
Tabel 2.8 Sistem Klasifikasi Tanah USCS.....	26
Tabel 2.9 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASTHO..	28
Tabel 2.10 Korelasi Indeks uji dengan tingkat pengembangan .....	31
Tabel 2.11 Penggunaan bahan-bahan stabilisasi (Hicks, 2002) .....	45
Tabel 4.1 Nilai Rata-rata Parameter Data Tanah .....	53
Tabel 4.2 Estimasi Biaya Stabilisasi Kapur untuk Jalan di Bukit.....	69
Tabel 4.3 Estimasi Biaya Penggunaan Geomembran pada Parit untuk Jalan .....	69
Tabel 4.4 Estimasi Biaya Perencanaan Penggantian Material Tanah Dasar untuk Rumah.....	69
Tabel 4.5 Estimasi Biaya Penggunaan Geomembran di Sekeliling Rumah .....	70
Tabel 4.6 Perencanaan Stabilisasi Kapur untuk Jalan di Lembah.....	70

Tabel 4.7 Penggunaan Geomembrane di Bawah Konstruksi Jalan.....	70
Tabel 4.8 Perencanaan Penggunaan Timbunan di Bawah Rumah .....	71
Tabel 4.9 Penggunaan Geomembran di Sekeliling Rumah....	71



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Peningkatan pembangunan infrastruktur di Indonesia, terutama di daerah perkotaan mengakibatkan sulitnya mencari lahan yang memadai. Pembangunan jalan dan perumahan sedang banyak dilakukan baik oleh pemerintah maupun *developer*. Tentunya daerah dengan tanah yang baik merupakan sasaran utama lokasi pembangunan. Namun seiring dengan berjalannya waktu, lahan dengan tanah yang baik semakin sedikit sehingga perencanaan konstruksi bangunan sipil di kondisi tanah yang buruk tidaklah jarang dijumpai di Indonesia. Salah satu contoh kondisi tanah yang buruk adalah tanah ekspansif.

Tanah ekspansif merupakan salah satu jenis tanah bermasalah yang paling sering ditemui di Indonesia. Tingginya kemampuan kembang susut saat mengalami perubahan kadar air merupakan sifat yang menonjol pada tanah ekspansif. Dalam kondisi basah, volume tanah ekspansif akan bertambah/mengembang dan sebaliknya di saat kering, volume tanah ekspansif akan mengecil/menyusut. Perubahan volume inilah yang sering menyebabkan kerusakan pada bangunan sipil yang berdiri di atas tanah ekspansif.

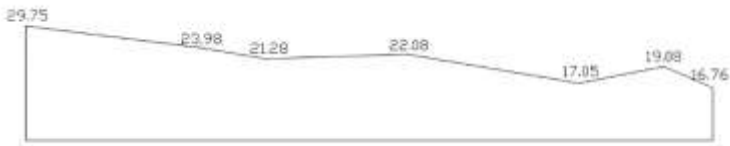
Surabaya Barat sebagai salah satu pusat utama dari pembangunan di Surabaya tidak lepas dari masalah tanah ekspansif dimana banyak ditemui jalan-jalan yang bergelombang dan lantai rumah yang rusak, terutama di saat pergantian musim. Kondisi ini tentu saja sangat mengkhawatirkan mengingat Surabaya Barat akan menjadi pusat pembangunan di Surabaya. Oleh karena itulah dibutuhkan suatu alternatif usulan penyelesaian untuk menyelesaikan masalah tanah ekspansif yang dipergunakan untuk jalan dan gedung di Surabaya Barat.

Kontur tanah yang naik turun menyerupai bukit dan lembah sering dijumpai di daerah perumahan Citraland (dapat dilihat pada

**Gambar 1.1** dan **Gambar 1.2**). Hal ini tentu saja membuat perencanaan perbaikan tanah untuk konstruksi jalan dan gedung di daerah bukit dan lembah akan menjadi berbeda. Daerah lembah akan lebih mudah tergenang air di saat musim hujan, yang bukan hanya disebabkan oleh air hujan yang turun namun juga muka air tanah yang naik. Daerah bukit tidak terlalu dipengaruhi oleh muka air tanah karena elevasinya yang lebih tinggi, namun harus melakukan perencanaan parit dan perlindungan talud. Parit dibutuhkan agar pada saat hujan datang, air yang jatuh ke permukaan tanah langsung segera dialirkan ke bawah sedangkan perlindungan talud dilakukan dengan tujuan agar pada saat musim hujan tidak terjadi kelongsoran pada daerah lereng.

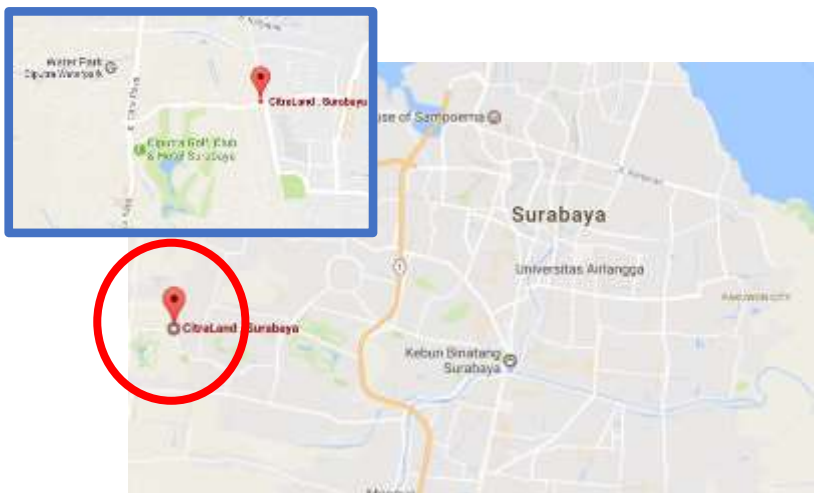


**Gambar 1.1** Kontur Tanah di Perumahan Citraland, Surabaya Barat



**Gambar 1.2** Sketsa Potongan Melintang Kontur

Tugas akhir ini akan membahas tentang alternatif perbaikan/rekayasa tanah ekspansif untuk jalan dan pondasi dangkal di Surabaya Barat. Hasil dari perencanaan tugas akhir ini akan dapat dijadikan referensi untuk perbaikan tanah dan jenis pondasi dalam pembangunan jalan dan rumah di Surabaya Barat.



**Gambar 1.3** Lokasi Perencanaan; Kawasan Perumahan Citraland, Surabaya Barat, Jawa Timur

## 1.2 Rumusan Masalah

Secara umum berdasarkan latar belakang diatas, terdapat beberapa masalah yang harus dibahas :

1. Apa klasifikasi tanah di wilayah studi menurut USCS dan AASHTO?
2. Berapakah harga aktivitas tanah (A) yang menyebabkan sifat kembang susut?
3. Apa usulan penyelesaian perbaikan/rekayasa tanah kembang susut untuk konstruksi jalan yang berada di daerah lembah dan bukit?
4. Bagaimana sistem perbaikan/pengamanan talud atau lereng dari tanah yang kembang susut?
5. Apa usulan perbaikan/rekayasa tanah kembang susut untuk konstruksi rumah (pondasi) di daerah bukit dan lembah?
6. Apa usulan perbaikan/rekayasa tanah untuk jalan dan rumah di Surabaya Barat yang paling efisien untuk di daerah bukit dan lembah?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Tidak membahas perhitungan bangunan jalan
2. Tidak membahas perhitungan bangunan gedung
3. Data-data yang digunakan diambil dari Surabaya Barat khususnya Kompleks Citraland
4. Sebagian besar data tanah merupakan data sekunder.
5. Daerah Lembah diasumsikan tergenang air saat musim hujan.
6. Tidak Merencanakan Sistem Drainase Perumahan.

### **1.4 Tujuan Tugas Akhir**

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mendapatkan usulan penyelesaian rekayasa tanah untuk masalah jalan dan rumah di atas tanah ekspansif Surabaya Barat yang paling efisien.



### **1.5 Manfaat Tugas Akhir**

Dengan adanya alternatif yang ditemukan, maka pengembang dapat memanfaatkan hasil studi ini dalam melaksanakan pekerjaannya (pembangunan jalan dan rumah).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanah Ekspansif**

##### **2.1.1 Definisi Tanah Ekspansif**

Tanah merupakan aspek yang paling penting yang tidak dapat dilepaskan dalam setiap pekerjaan Teknik Sipil. Tidak jarang masalah yang dijumpai di lapangan merupakan akibat dari sifat-sifat teknis tanah yang buruk, seperti kadar air yang tinggi, kompresibilitas yang besar, dan daya dukung yang rendah. Salah satu contoh dari jenis tanah yang memiliki sifat teknis yang buruk adalah tanah yang mudah mengalami kembang susut (Sudjianto, 2012).

Tanah yang memiliki potensi kembang susut besar adalah tanah yang dapat mengalami perubahan volume secara signifikan seiring dengan perubahan kadar air di dalamnya. Tanah jenis ini banyak mengandung mineral-mineral dengan potensi kembang susut yang tinggi. Jenis tanah ini sering disebut sebagai tanah lempung ekspansif (Hardiyatmo, 2006).

Tanah lempung ekspansif adalah salah satu jenis tanah berbutir halus yang terbentuk dari mineral-mineral seperti *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, *halloysite*, *chlorite*, *vermiculite*, dan *attapulgite* (Chen, 1975). Sifat kembang susut yang dimiliki oleh tanah ekspansif berhubungan erat dengan kadar mineral lempung terutama *montmorillonite* dan *illite*. Bila kadar mineralnya naik, maka batas cair dan indeks plastisitasnya naik sehingga potensi kembang susut akan naik (Muhunthan, 1991). **Tabel 2.1** menunjukkan hubungan antara harga PI dengan potensi pengembangan.

**Tabel 2.1** Korelasi Nilai Indeks Plastisitas (PI) dengan tingkat pengembangan (Seta, 2006)

Indeks Plastisitas ( PI ) ( % )	Potensi Pengembangan
0 – 15	Rendah
10 - 35	Sedang
20 - 55	Tinggi
> 55	Sangat Tinggi

Pada **Tabel 2.2** menunjukkan korelasi antara tingkat pengembangan dengan prosentase lolos saringan no. 200, LL, N hasil uji SPT, dan kemungkinan pengembangan.

**Tabel 2.2** Korelasi data lapangan dan laboratorium dengan tingkat pengembangan (Seta, 2006)

Data lapangan Dan Laboratorium			Kemungkinan Pengembangan (% perubahan Volume total)	Tingkat Pengembangan
Persentase Lolos Saringan no. 200	LL ( % )	N (pukulan / ft )		
>95	> 60	> 30	> 10	Sangat Tinggi
60 - 95	40 - 60	20 - 30	3 - 10	Tinggi
30 - 60	30 - 40	10 - 20	1 - 5	Sedang
< 30	< 30	< 10	< 5	Rendah

### 2.1.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kembang Susut Tanah

Perilaku kembang-susut tanah lempung ekspansif sangat kompleks dan dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi tersebut dapat dibagi menjadi 2 kategori, yaitu pengaruh sifat tanah lempung ekspansif dan pengaruh kondisi lingkungan terhadap sifat tanah lempung ekspansif (Nelson dan Miller, 1992). Kedua faktor yang mempengaruhi kembang susut tanah ekspansif seperti pada **Tabel 2.3** dan **Tabel 2.4**.

**Tabel 2.3** Sifat Tanah yang Mempengaruhi Perilaku Kembang Susut Tanah Ekspansif (Nelson dan Miller, 1992)

Faktor-faktor	Keterangan
Mineral Lempung	Mineral lempung yang menyebabkan perubahan volume adalah <i>montmorillonite</i> dan <i>vermicullite</i> . <i>Illite</i> dan <i>kaolinite</i> kurang mengembang, tapi bisa menyebabkan perubahan volume jika ukuran partikel sangat halus ( $< 0,001$ mm).
Kimia Air Tanah	Pengembangan tanah lempung ekspansif disebabkan oleh penambahan konsentrasi kation dan penambahan valensi kation, contohnya kation $Mg^{2+}$ dalam air tanah akan menghasilkan pengembangan tanah lempung ekspansif yang lebih kecil dari kation $Na^{+}$ .
<i>Soil Suction</i>	<i>Soil Suction</i> adalah variabel tegangan efektif bebas, diwakili oleh tekanan air pori negative pada tanah lempung ekspansif tak jenuh. <i>Soil Suction</i> dipengaruhi kejenuhan, berat jenis, ukuran pori, dan karakteristik kimia dan elektrikal dari partikel tanah lempung ekspansif dan air.
Plastisitas	Tanah yang secara umum memperlihatkan sifat plastis dengan batasan daerah kadar air dan mempunyai batas cair tinggi

	akan sangat berpotensi mengalami kembang-susut. Plastisitas adalah indikator dari potensi pengembangan tanah lempung ekspansif.
Susunan dan Struktur Tanah	Lempung terdispersi cenderung lebih ekspansif dari lempung terflokulasi. Pengikatan partikel pada tanah lempung ekspansif akan menyebabkan pengembangan menjadi lebih kecil.
Berat Volume Kering/Kepadatan Tanah	Tanah ekspansif yang lebih padat biasanya mengindikasikan jarak antar partikel yang rapat, berarti gaya tolak menolak akan lebih besar antar partikel dan potensi pengembangan tanah lempung ekspansif menjadi kecil

**Tabel 2.4** Kondisi Lingkungan yang Mempengaruhi Potensi Kembang Susut Tanah Ekspansif (Nelson dan Miller, 1992)

<b>Faktor-faktor</b>	<b>Keterangan</b>
Kadar air awal	Tanah lempung ekspansif dengan kadar air rendah (kondisi kering) akan memiliki potensi pengembangan yang lebih besar dibandingkan dengan lempung ekspansif yang sama dan memiliki kadar air awal tinggi. Pada lempung ekspansif kering ketika terjadi pembasahan, maka proses penyerapan air tinggi sehingga

	menyebabkan terjadinya pengembangan yang lebih tinggi
Variasi kadar air	Perubahan kadar air pada zona aktif dekat permukaan tanah lempung ekspansif menentukan gaya dorong tanah (heave). Pada lapisan ini terjadi perbedaan kadar air yang cukup signifikan dan perubahan volume akan terjadi.
Iklim	Jumlah dan variasi presipitasi dan evapotranspirasi sangat mempengaruhi tersedianya kadar air dan fluktuasi kadar air.
Air tanah	Muka air tanah dangkal memberikan sumber kadar air dan fluktuasi muka air tanah berkontribusi pada kadar air.
Drainase	Drainase permukaan akan membantu pengarahannya air menuju ke pembuangan / tampungan sehingga menjaga kadar air di daerah sekitar.
Tumbuhan	Pohon, semak, dan rumput menyerap kadar air tanah selama proses transpirasi sehingga menyebabkan terjadi perbedaan kadar air tanah di sekitar area tumbuhan ini menjadi lebih tinggi (basah).
Permeabilitas	Tanah dengan permeabilitas tinggi, terutama terjadi retakan

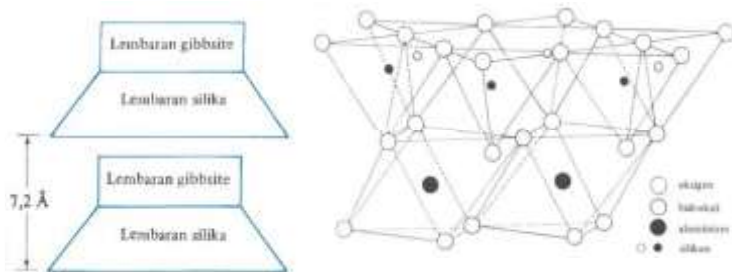
	pada tanah, akan menyebabkan migrasi air secara cepat dan menaikkan kecepatan pengembangan tanah.
Temperatur	Penambahan temperature menyebabkan kadar air berkurang, karena terjadinya penguapan.
Kondisi tegangan/sejarah tegangan	Tanah lempung yang terkonsolidasi berlebih (overconsolidated clay) memiliki sifat ekspansif yang lebih kecil dari pada tanah lempung yang terkonsolidasi normal (normally consolidated).

### 2.1.3 Struktur Mineral Penyusun Tanah Lempung Ekspansif

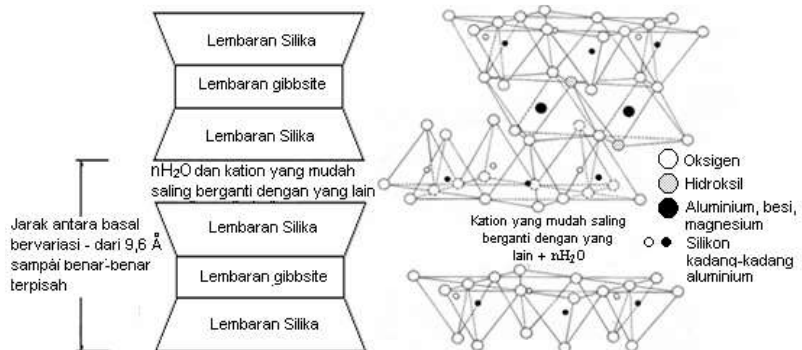
Jika ditinjau dari mineraloginya, tanah lempung ekspansif terdiri dari berbagai mineral penyusun, terutama montmorillonite dan illite. Hardiyatmo (2002) menyebutkan sifat-sifat lempung Montmorillonite sangat sering menimbulkan masalah pada bangunan.

Kaolinite disebut sebagai mineral lempung satu banding satu (1:1). Bagian dasar struktur ini adalah lembaran tunggal silica tetrahedral yang digabung dengan satu lembaran tunggal alumina oktahedran (gibbsite) membentuk satu unit dasar dengan tebal kira-kira  $7,2\text{\AA}$  ( $1\text{\AA}=10^{-10}\text{m}$ ) seperti yang terlihat pada **Gambar 2.1a**. Hubungan antar unit dasar ditentukan oleh ikatan hidrogen dan gaya bervalensi sekunder. Mineral kaolinite berwujud seperti lempengan-lempengan tipis masing-masing dengan diameter  $1000\text{\AA}$  sampai  $20000\text{\AA}$  dan ketebalan dari  $100\text{\AA}$  sampai  $1000\text{\AA}$  dengan luasan spesifik per unit massa  $\pm 15\text{m}^2/\text{gram}$ .





**Gambar 2.1** Struktur *Kaolinite* (DAS Braja M, 1988)



**Gambar 2.2** Struktur *Montmorillonite* (DAS Braja M, 1988)

Montmorillonite disebut juga mineral dua banding satu (2:1) karena satuan susunan kristalnya terbentuk dari susunan dua lempeng silika tetrahedral mengapit satu lempeng alumina oktahedral ditengahnya. Struktur kisinya tersusun atas satu lempeng  $\text{Al}_2\text{O}_3$  diantara dua lempeng  $\text{SiO}_2$ . Karena struktur inilah Montmorillonite dapat mengembang dan mengkerut menurut sumbu C dan mempunyai daya adsorpsi air dan kation lebih tinggi. Tebal satuan unit adalah  $9,6 \text{ \AA}$  ( $0,96 \mu\text{m}$ ), seperti ditunjukkan **Gambar 2.2** dibawah ini sebagaimana dikutip Das. Braja M (1988). Hubungan antara satuan unit diikat oleh ikatan gaya Van der Waals, diantara ujung-ujung atas dari lemparan silika itu sangat lemah, maka lapisan air ( $n\text{H}_2\text{O}$ ) dengan kation yang dapat bertukar

dengan mudah menyusup dan memperlemah ikatan antar satuan susunan kristal mengakibatkan antar lapisan terpisah. Ukuran unit massa sangat besar, dapat menyerap air dengan sangat kuat, mudah mengalami proses pengembangan.

Mineral illite mempunyai hubungan dengan mika biasa, sehingga dinamakan pula hidrat-mika. Illite memiliki formasi struktur satuan kristal, tebal dan komposisi yang hampir sama dengan montmorillonite. Perbedaannya ada pada:

- Pengikatan antar unit kristal terdapat pada kalium (K) yang berfungsi sebagai penyeimbang muatan, sekaligus sebagai pengikat.
- Terdapat  $\pm 20\%$  pergantian silikon (Si) oleh aluminium (Al) pada lempeng tetrahedral.
- Struktur mineralnya tidak mengembang sebagaimana montmorillonite.



**Gambar 2.3** Struktur *Illite* (DAS Braja M, 1988)

#### 2.1.4 Penyebaran Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif tersebar hampir di seluruh daratan di dunia. Chen (1975) dan Sudjianto (2012) mengatakan bahwa tanah ekspansif ditemukan di banyak tempat seperti, Argentina, Arab Saudi, Afrika Selatan, Amerika Serikat, Australia, Cina, Ethiopia, Ghana, India, Indonesia, Iran, Israel, Kanada, Kenya, Kuba, dan lainnya seperti terdapat dalam **Gambar 2.2**



**Gambar 2.4** Sebaran Tanah Ekspansif di Dunia (Chen, 1975 dan Sudjianto, 2012)

Di Indonesia, ditinjau dari kejadian tanahnya, hampir 65% tanah yang ada di Indonesia merupakan tanah laterit, tanah ini merupakan tanah yang memiliki kembang susut besar (Tuti dan Sularno, 1985). Mochtar (2000) dan Sudjianto (2012) menyatakan, tanah lempung ekspansif hampir terdapat di seluruh Indonesia, mulai dari Nangroe Aceh Darusalam (NAD) sampai Papua seperti terdapat pada **Gambar 2.3**



**Gambar 2.5** Sebaran Tanah Ekspansif di Indonesia (Sudjianto, 2012)

Sudjianto (2007) melakukan identifikasi tanah lempung ekspansif yang ada di Pulau Jawa, lokasi identifikasi mulai dari Jawa Timur sampai Jawa Barat seperti pada **Gambar 2.4** dengan hasil identifikasi seperti pada **Tabel 2.5**.



**Gambar 2.6** Lokasi Tanah Ekspansif di Pulau Jawa (Sudjianto, 2007)

**Tabel 2.5** Potensi Kembang Susut Tanah Ekspansif di Pulau Jawa

No	Lokasi Sampel	Batas Konsistensi Tanah				Potensi Kembang
		LL (%)	PL (%)	SL (%)	IP (%)	
1	Citra Land, Surabaya	104,56	46,78	37,90	57,78	Tinggi
2	Menganti, Gresik	55,00	19,20	11,56	35,80	Sedang
3	Dringu, Probolinggo	66,75	35,25	16,15	31,50	Sedang
4	Mojowarno, Jombang	79,24	41,65	12,30	37,59	Sedang
5	Caruban, Madiun	72,00	24,00	15,50	48,00	Tinggi
6	Saradan, Nganjuk	87,37	29,39	16,20	57,98	Tinggi
7	Padangan, Bojonegoro	85,00	30,00	9,06	55,00	Tinggi
8	Soko, Ngawi	101,00	29,77	10,70	71,23	Sangat Tinggi
9	Tembalang, Semarang	87,50	21,55	15,15	59,95	Tinggi
10	Purwodadi, Grobogan	89,17	37,16	15,10	51,15	Tinggi
11	Pedan, Klaten	91,30	29,55	14,10	61,75	Sangat Tinggi
12	Wates, Jogjakarta	81,10	28,10	10,46	53,00	Tinggi
13	Bungursari, Purwakarta	96,20	22,35	25,90	73,85	Sangat Tinggi
14	Dawuhan, Subang	105,25	28,75	42,50	76,50	Sangat Tinggi

15	Cikampek, Karawang	63,17	27,5 2	15,1 0	35,6 5	Tinggi
16	Ciwastra, Bandung	99,10	31,6 5	18,5 5	67,4 5	Tinggi

### 2.1.5 Kerugian Akibat Tanah Ekspansif

Fenomena kembang-susut yang tinggi pada tanah ekspansif merupakan permasalahan yang sering terjadi yang dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan ringan dan jalan raya (Hardiyatmo, 2006). Jones & Holtz (1973) melaporkan, di Amerika Serikat, kerugian yang diakibatkan oleh masalah tanah ekspansif ternyata melebihi bencana alam lainnya, termasuk kerugian yang diakibatkan oleh gempa bumi dan angin tornado, kerugiannya diperkirakan sekitar USD 9.000.000. Hal yang sama juga dilaporkan (Chen, 1975), jumlah kerugian yang disebabkan oleh kembang susut tanah ekspansif seperti pada **Tabel 2.6**.

**Tabel 2.6** Perkiraan Kerugian akibat Tanah Ekspansif (Chen, 1975)

Kategori Kerugian	Perkiraan Kerugian Rata-rata per tahun, (dalam juta dolar Amerika Serikat, \$)
Rumah Tinggal	300
Gedung Komersial	360
Gedung Bertingkat	80
Area Parkir	110
Jalan Raya	1140
Bangunan Bawah Tanah	100
Bandara	40
Daerah Hunian	25
Lainnya	100
	2.225

Gourley, dkk. (1993) menyatakan, setiap tahun kerusakan structural akibat tanah ekspansif diprediksi mencapai milyaran

dollar di seluruh dunia. Contoh kerusakan akibat tanah ekspansif di negara Canada, Amerika Serikat, dan Meksiko seperti pada **Gambar2.7 – Gambar 2-9**. Hampir semua kerusakan didominasi oleh bangunan rumah tinggal dan jalan raya.



**Gambar 2.7** Kerusakan akibat Tanah Ekspansif di Canada



**Gambar 2.8** Kerusakan akibat Tanah Ekspansif di Texas, Amerika Serikat

Di Indonesia, berdasarkan pihak Bina Marga dan Pusat Penelitian Pengembangan Jalan Departemen Pekerjaan Umum (1992), banyak kerusakan akibat tanah ekspansif terjadi pada beberapa ruas jalan di Pulau Jawa (Mochtar, 2000); misalnya seperti pada ruas jalan Soko, Kabupaten Ngawi, Provinsi Jawa Timur seperti pada **Gambar 2.10** yang merupakan jalur utama penghubung antara Jawa Timur dan Jawa Tengah. Kerusakan juga terjadi pada rumah tinggal di daerah Soko dengan retaknya dinding dan lantai, serta retaknya dinding pangkal jembatan pada ruas jalan tersebut.







**Gambar 2.9** Kerusakan akibat Tanah Ekspansif di Mexico





**Gambar 2.10** Kerusakan Jalan dan Bangunan Rumah Tinggal di Soko, Kabupaten Ngawi (Sudjianto, 2007)

## 2.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995).

Klasifikasi tanah berfungsi untuk studi yang lebih terinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989).

Sistem klasifikasi dimaksudkan untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah dengan cara sistematis guna menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu dan juga berguna untuk menyampaikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah serta mengelompokkannya berdasarkan suatu kondisi fisik tertentu dari tanah tersebut dari suatu daerah ke daerah lain dalam bentuk suatu data dasar.

Sistem klasifikasi tanah dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

a. **Klasifikasi Berdasarkan Tekstur dan Ukuran**

Sistem klasifikasi ini didasarkan pada keadaan permukaan tanah yang bersangkutan, sehingga dipengaruhi oleh ukuran butiran tanah dalam tanah. Klasifikasi ini sangat sederhana didasarkan pada distribusi ukuran tanah saja. Pada klasifikasi ini tanah dibagi menjadi kerikil (gravel), pasir (sand), lanau (silt) dan lempung (clay) (Das,1993).

b. **Klasifikasi Berdasarkan Pemakaian**

Pada sistem klasifikasi ini memperhitungkan sifat plastisitas tanah dan menunjukkan sifat-sifat tanah yang penting. Pada saat ini terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang sering dipakai dalam bidang teknik. Kedua sistem klasifikasi itu memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg.

Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah sebagai hasil pengembangan dari sistem klasifikasi yang sudah ada. Tetapi yang paling umum digunakan adalah:

a. **Sistem Klasifikasi Tanah Unified (Unified Soil Classification System/ USCS)**

Sistem klasifikasi tanah unified atau Unified Soil Classification System (USCS) diajukan pertama kali oleh Prof. Arthur Cassagrande pada tahun 1942 untuk mengelompokkan tanah berdasarkan sifat teksturnya dan selanjutnya dikembangkan oleh United State Bureau of Reclamation (USBR) dan United State Army Corps of Engineer (USACE). Kemudian American Society for Testing and Materials (ASTM) memakai USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah. Menurut sistem ini tanah dikelompokkan dalam tiga kelompok yang masing-masing diuraikan lebih spesifik lagi dengan memberi simbol pada setiap jenis (Hendarsin, 2000), yaitu:

- Tanah berbutir kasar, yaitu tanah yang mempunyai prosentase lolos ayakan No. 200  $< 50$  %. Klasifikasi tanah berbutir kasar terutama tergantung pada analisa ukuran butiran dan distribusi ukuran partikel. Tanah berbutir kasar dapat berupa salah satu dari hal di bawah ini:
  - i. Kerikil (G) apabila lebih dari setengah fraksi kasar tertahan pada saringan No. 4
  - ii. Pasir (S) apabila lebih dari setengah fraksi kasar berada diantara ukuran saringan No. 4 dan No. 200
- Tanah berbutir halus, adalah tanah dengan persentase lolos ayakan No. 200  $> 50$  %. Tanah berbutir ini dibagi menjadi lanau (M). Lempung Anorganik (C) dan Tanah Organik (O) tergantung bagaimana tanah itu terletak pada grafik plastisitas.
- Tanah Organik, tanah ini tidak dibagi lagi tetapi diklasifikasikan dalam satu kelompok Pt. Biasanya jenis ini sangat mudah ditekan dan tidak mempunyai sifat sebagai bahan bangunan yang diinginkan. Tanah khusus dari kelompok ini adalah peat, humus, tanah lumpur dengan tekstur organik yang tinggi. Komponen umum dari tanah ini adalah partikel-partikel daun, rumput, dahan atau bahan-bahan yang regas lainnya.

**Tabel 2.7 Simbol Sistem Klasifikasi USCS**

Jenis Tanah	Simbol	Sub Kelompok	Simbol
Kerikil	G	Gradasi Baik	W
		Gradasi Buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	WL<50%	L
Organik	O	WL>50%	H
Gambut	Pt		

Sumber : Bowles, 1989.

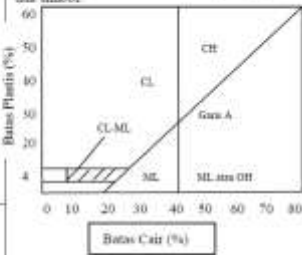
Dimana :

- W = Well Graded (tanah dengan gradasi baik),
- P = Poorly Graded (tanah dengan gradasi buruk),
- L = Low Plasticity (plastisitas rendah,  $LL < 50$ ),
- H = High Plasticity (plastisitas tinggi,  $LL > 50$ ).

Faktor-faktor yang harus diperhatikan untuk mendapatkan klasifikasi yang benar adalah sebagai berikut :

- a. Persentase butiran yang lolos saringan No. 200.
- b. Persentase fraksi kasar yang lolos saringan No. 40
- c. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI).

Tabel 2.8 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Tanah berbutir kasar > 50% butiran terlebih saringan No. 200	Kerikil 50%+; fraksi kasar terlebih saringan No. 4	Kerikil bersih (banyak kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus : Kurang dari 5%, kelas saringan no.200, GM, GP, SW, SP, Lebih dari 12%, kelas saringan no.200 : GM, GC, SM, SC, 5% - 12% kelas saringan No.200 : Batuan klasifikasi yang mempunyai simbol tebal	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$	
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
	Kerikil dengan butiran halus	GM	Kerikil berlimas, campuran kerikil-pasir-lanas	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada di daerah atas dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
		GC	Kerikil berlimpas, campuran kerikil-pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$			
	Pasir bersih (banyak pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3
		SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus				
Pasir dengan butiran halus	Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlimas, campuran pasir- lanas	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada di daerah atas dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
		SC	Pasir berlimpas, campuran pasir-lempung				Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$
Tanah berbutir halus 50% atau lebih kelas saringan No. 200	Lanas dan lempung butiran kasar < 50%	Lanas dan lempung butiran kasar < 50%	ML	Lanas anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlimas atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang di atas berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. 		
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlimas, lempung "kenyal" ( <i>lean clay</i> )			
			OL	Lanas-organik dan lempung berlimas organik dengan plastisitas rendah			
	Lanas dan lempung butiran kasar > 50%	Lanas dan lempung butiran kasar > 50%	MH	Lanas anorganik atau pasir halus disemai, atau lanas disemai, lanas yang elastis		Garis A : $PI = 0.75 (LL-20)$	
			CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clay</i> )			
			OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	Pasir (gambut), sekam, dan tanah- tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dijumpai di ASTM Designation D-2488			

Sumber : Mary Christy, 1986

Sumber : Harry Christy, 1986.

**b. Sistem klasifikasi AASHTO**

Sistem Klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Official) dikembangkan pada tahun 1929 dan mengalami beberapa kali revisi hingga tahun 1945 dan dipergunakan hingga sekarang, yang diajukan oleh Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board (ASTM Standar No. D-3282, AASHTO model M145). Sistem klasifikasi ini bertujuan untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (sub-base) dan tanah dasar (subgrade).

Dalam sistem ini tanah dikelompokkan menjadi tujuh kelompok besar yaitu A1 sampai dengan A7. Tanah yang termasuk dalam golongan A-1, A-2, dan A-3 masuk kedalam tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah yang lolos ayakan No.200, sedangkan tanah yang masuk dalam golongan A-4, A-5, A-6 dan A-7 adalah tanah lanau atau lempung. A-8 adalah kelompok tanah organik yang bersifat tidak stabil sebagai bahan lapisan struktur jalan raya, maka revisi terakhir oleh AASHTO diabaikan (Sukirman, 1992). Percobaan yang dibutuhkan untuk mendapatkan data yang diperlukan adalah analisis saringan, batas cair, dan batas plastis.

**Tabel 2.9 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASTHO**

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 41
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-4		A-5		A-6		A-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Min 36		Min 36		Min 36		Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10		Maks 41 Maks 10		Maks 40 Maks 11		Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau				Tanah Berlempung		
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

Sumber: Das (1995).

Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

## 1) Ukuran Butir

- Kerikal: bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada saringan diameter 2 mm (No.10).
- Pasir: bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 2 mm dan tertahan pada saringan diameter 0,075 mm (No. 200).



- Lanau dan lempung: bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 0,075 (No. 200).
- 2) Plastisitas  
Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis, indeks plastisnya 11 atau lebih.
  - 3) Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Data yang akan didapat dari percobaan laboratorium telah ditabulasikan pada **Tabel 2.9** Kelompok tanah yang paling kiri kualitasnya paling baik, makin ke kanan semakin berkurang kualitasnya.

### 2.3 Klasifikasi Tanah Ekspansif

Apabila di lapangan ditemukan adanya keretakan atau celah pada permukaan lempung akibat proses pengeringan maka itu merupakan suatu indikasi potensi ekspansif. Berdasarkan fakta yang telah terjadi, masalah perilaku ekspansif di permukaan tanah dicirikan tingginya plastisitas, kekakuan dan terdapat retakan lempung overconsolidated. Untuk identifikasi tanah ekspansif di laboratorium, telah dikembangkan beberapa metode klasifikasi. Umumnya tanah dengan IP (Indeks Plastisitas)  $< 15$  tidak akan memperlihatkan perilaku ekspansif.

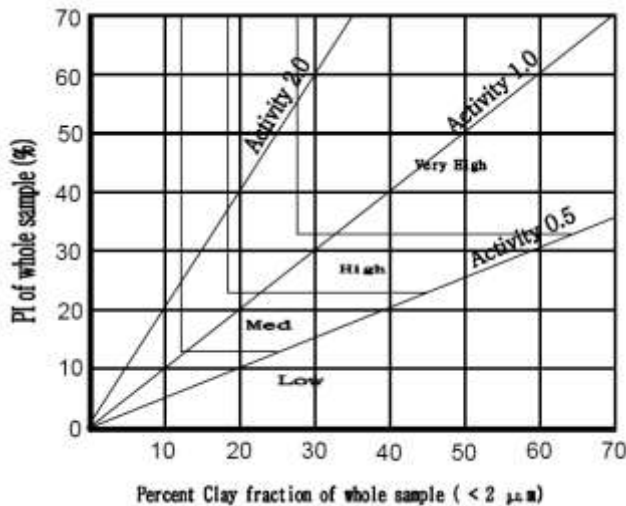
Indeks Plastisitas (IP) adalah parameter yang paling sering digunakan sebagai indikator awal identifikasi tanah lempung ekspansif. Hal ini disebabkan Karena karakteristik plastisitas dan

sifat perubahan volume tanah saling terkait erat dan dipengaruhi oleh partikel berukuran koloid.

Ada beberapa metode klasifikasi tanah lempung ekspansif yang sering digunakan, antara lain:

- Cara Van der Merwe (1964)

Dengan menggunakan Plasticity Index (PI) dan prosen fraksi lempung (CF), tanah dapat digolongkan dalam aktivitas kelas rendah (low), kelas sedang (medium), dan kelas tinggi (high). **Gambar 2.11** menunjukkan grafik hubungan antara Plasticity Index (PI) dengan prosentase fraksi lempung (CF) yang lebih kecil dari 2  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 2.11** Grafik Hubungan antara Plastiscity Index dan Prosentase Fraksi Lempung

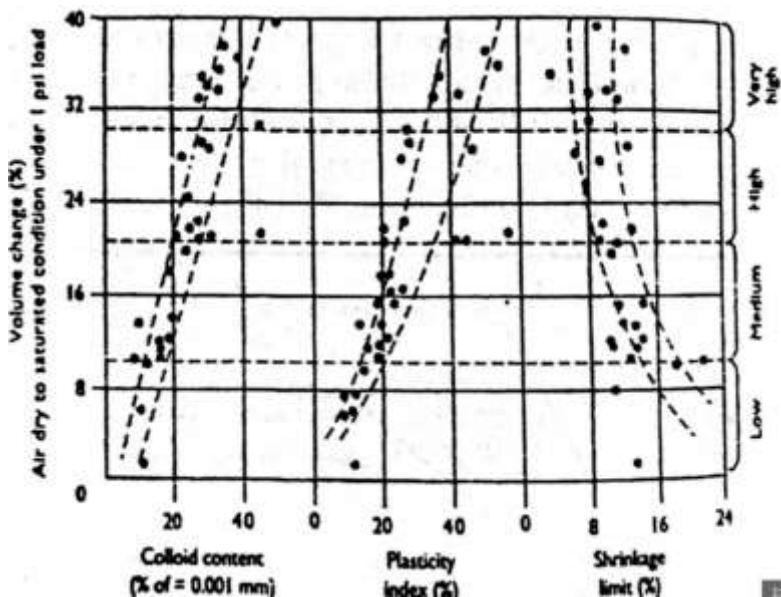
- Cara Holtz dan Gibbs (1956)

Cara ini menyajikan kriteria untuk memperkirakan potensial pengembangan tanah tak terganggu dengan pembebanan sebesar 6,9 kPa. **Tabel 2.10** menunjukkan hubungan antara pengembangan dengan parameter-parameter tanah, antara lain Plasticity Index, Shrinkage

Limit, Colloid Content, dan kemungkinan perubahan volume. Grafik hubungan tersebut ditunjukkan pada **Gambar 2.12**.

**Tabel 2.10** Korelasi Indeks uji dengan tingkat pengembangan

Data dari Indeks Tests			Kemungkinan Pengembangan (% perubahan volume)	Tingkat Pengembangan
Colloid Content (%)	Plasticity Index (%)	Shrinkage Limit (%)		
> 28	> 35	< 11	> 30	Sangat tinggi
20 - 31	25 - 41	7 - 12	20 - 30	Tinggi
13 - 23	15 - 28	10 - 16	10 - 20	Sedang
< 15	< 18	> 15	< 10	Rendah



**Gambar 2.12** Grafik Hubungan antara Indeks Uji dengan tingkat pengembangan

- Berdasarkan Aktivitas (A) Tanah (Skempton, 1953)

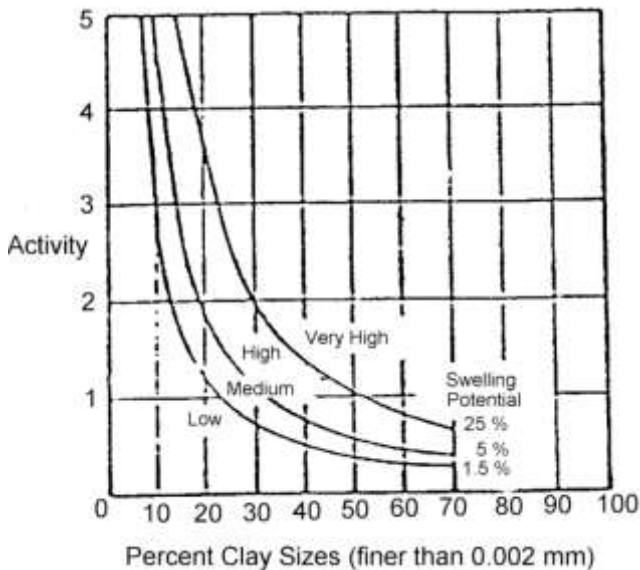
Skempton mengidentifikasi tanah ekspansif dengan aktivitas, yaitu perbandingan antara harga Plasticity Index (PI) dengan prosentase fraksi lempung (C), dengan persamaan:

$$\text{Aktivitas (A)} = \frac{IP}{C}$$

Dimana:

- A = Aktivitas Tanah  
 PI = Indeks Plastisitas (%)  
 C = Lolos Saringan no 200 (%)

Hubungan antara aktivitas (A) dengan persen fraksi lempung (C) digunakan grafik yang dibuat oleh Seed, dkk. (1962), seperti pada **Gambar 2.13**.

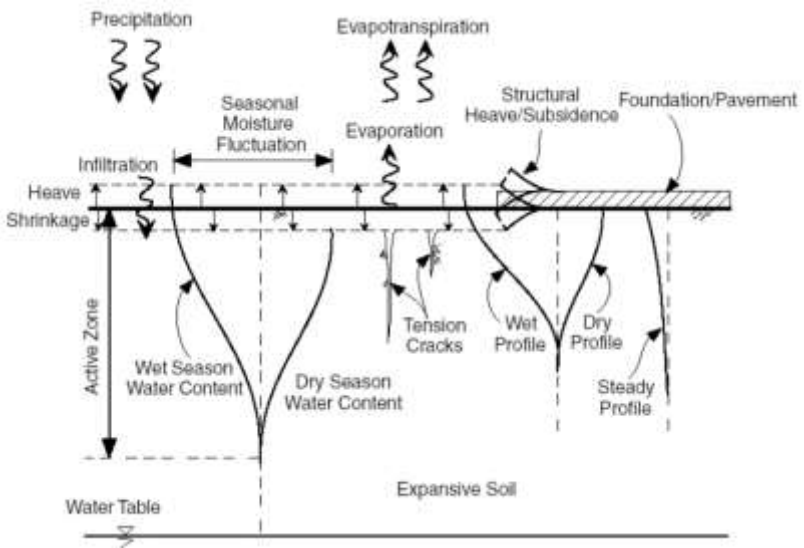


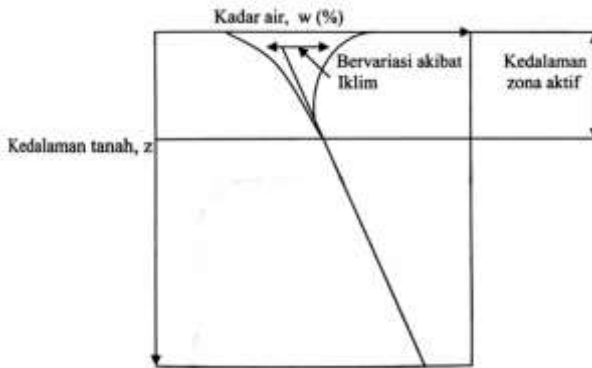
**Gambar 2.13** Grafik Hubungan antara Aktivitas dan Prosentase Lempung (Seed, dkk., 1962)

## 2.4 Zona Aktif

Kandungan air tanah asli sangat berpengaruh terhadap perilaku tanah khususnya proses pengembangannya. Tanah lempung ekspansif dengan kadar air rendah memiliki kemungkinan pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lempung berkadar air lebih tinggi. Hal ini karena lempung dengan kadar air alami rendah lebih berpotensi untuk menyerap air.

Victorine, et. al. (1997) menyatakan bahwa perubahan volume tanah ekspansif jarang terjadi di elevasi tanah yang cukup dalam. Perubahan volume yang terjadi umumnya berada beberapa meter di bawah permukaan tanah. Beberapa meter ini mungkin lebih terpengaruh oleh perubahan kadar air akibat perubahan iklim (**Gambar 2.14**). Zona yang mengalami fluktuasi kadar air tanah tersebut didefinisikan sebagai Zona Aktif. Zona aktif dapat dievaluasi dengan merencanakan kadar air terhadap kedalaman dengan mengambil sampel sepanjang musim kemarau. Tanah pada kedalaman yang menggambarkan sampel kadar air mendekati konstan merupakan batas kedalaman zona aktif. Zona aktif menjadi pertimbangan dalam desain pondasi bangunan.





**Gambar 2.14** Profil Kadar Air Tanah pada Zona Aktif (Ning Lu & Likos, 2004) (Victorine, dkk., 1997)

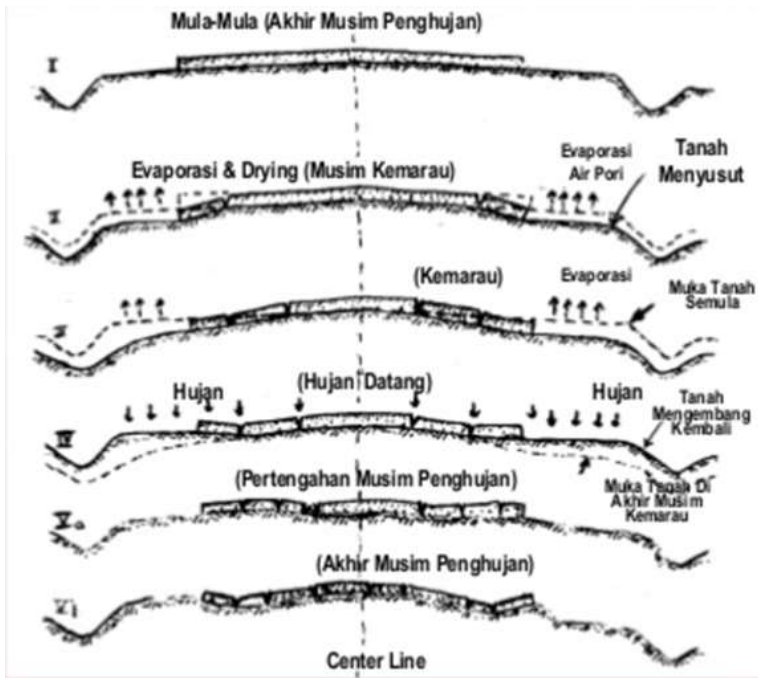
Hosen (2013) melalui penelitian yang dilakukannya menyatakan bahwa kedalaman zona aktif yang terdapat pada daerah Citraland sedalam 4-5m. Namun pada kenyataanya di lapangan, daerah yang mengalami fluktuasi kadar air akibat perubahan cuaca hanyalah sekitar 1,5m hingga 2m dari permukaan tanah saja (Mochtar, 2017).

## 2.5 Mekanisme Kembang Susut Tanah Ekspansif

Mekanisme kembang susut tanah ekspansif di lapangan dapat dijelaskan menggunakan **Gambar 2.15**, badan jalan menjadi rusak akibat kembang-susut yang terjadi pada tanah dasar. Penyusutan terjadi pada musim kemarau dengan terjadinya evaporasi air pori, kemudian pada musim penghujan tanah mengembang. Kembang-susut terus terjadi berulang akibat siklus musim kemarau ke musim penghujan, sehingga kerusakan badan jalan akan semakin parah.

Permasalahan kembang susut tanah lempung ekspansif di Indonesia menjadi semakin rumit dikarenakan iklim tropis yang dimiliki Indonesia. Hal ini menyebabkan panas di musim kemarau dan basah pada musim hujan. Hal ini akan menyebabkan perubahan kadar air pada tanah lempung ekspansif Akibat perubahan parameter tersebut, struktur tanah lempung ekspansif

akan mengalami perubahan dari kondisi jenuh sebagian menjadi kondisi jenuh air, sehingga perilaku tegangan, regangan dan deformasi tanah lempung ekspansif akan mengalami perubahan (Rifa'I, 2002)

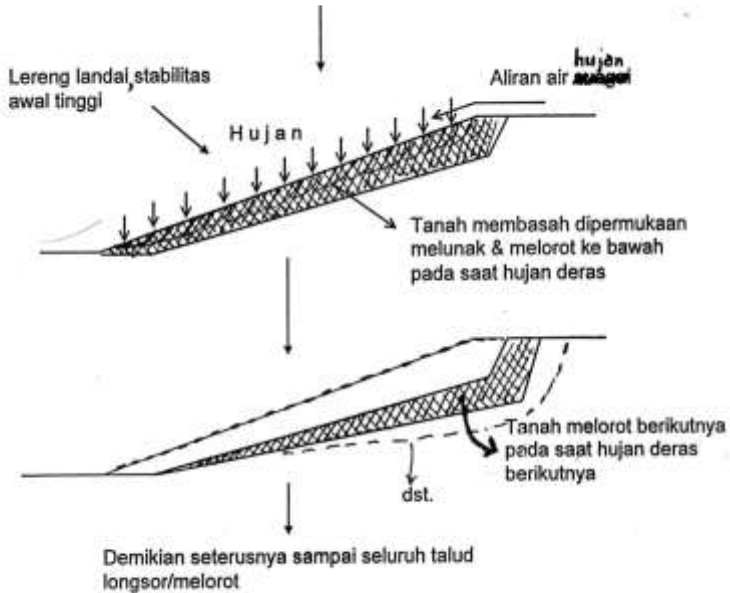


**Gambar 2.15** Mekanisme Kerusakan Jalan Akibat Kembang Susut Tanah Dasar (Myers, 2005)

## 2.6 Perencanaan Perlindungan Talud/Lereng

Mekanisme kerusakan lereng yang sering terjadi di kawasan perumahan dapat dilihat seperti pada **Gambar 2.16**, lereng dengan kemiringan awal yang landai memiliki stabilitas awal yang tinggi, kemudian sedikit demi sedikit basah oleh air hujan dan terkena arus

air dari bukit yang turun sehingga menyebabkan lereng menjadi tergerus secara perlahan, siklus terus berulang dan akhirnya pun longsor.



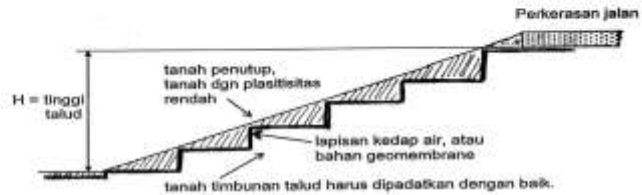
**Gambar 2.16** Mekanisme Kerusakan Lereng Akibat Air  
(Mochtar, 2000)

Untuk menghindari kerusakan lereng seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.16** dibutuhkan perencanaan perkuatan/perlindungan lereng yang tepat, beberapa contoh yang dapat diaplikasikan dalam perencanaan perkuatan lereng dapat dilihat pada **Gambar 2.17** dan **Gambar 2.18**.



### PEMECAHAN MASALAH

- HINDARI TANAH TALUD DARI PENGARUH LANGSUNG AIR HUJAN,
- PADATKAN TANAH TALUD SEDAPAT MUNGKIN (LAPIS DEMI LAPIS @ 20-30 cm PER LAPIS)



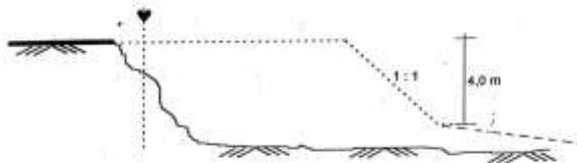
- GUNAKAN LAPISAN PENUTUP KEDAP AIR (ATAU GEOMEMBRANE) KEMUDIAN TUTUPI DENGAN TANAH PENUTUP YANG BER-PLASTISITAS RENDAH (disarankan tanah dengan  $LL < 30$ , dan  $PI < 10$ ).

### ATAU:

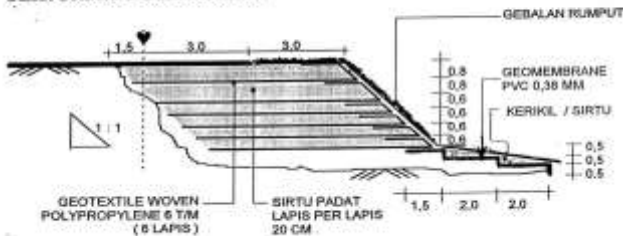
- BILA  $H_{\text{talud}}$  KECIL, DAPAT DIGUNAKAN KONSTRUKSI REINFORCED EARTH, DENGAN MENGGUNAKAN PERKUATAN GEOTEXTILE ATAU SEJENIS.

**Gambar 2.17** Contoh Perencanaan Perkuatan Lereng (Mochtar, 2000)

### EKSISTING PEKERJAAN



### RENCANA PEKERJAAN

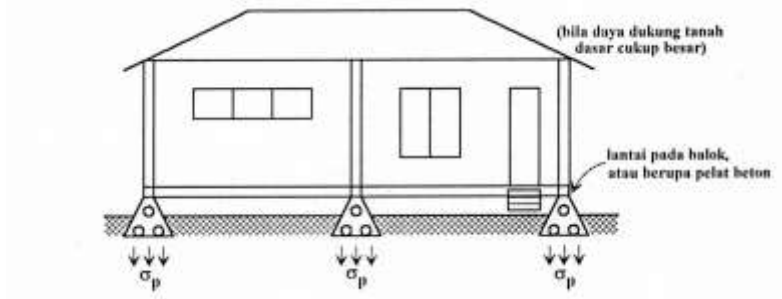


**Gambar 2.18** Contoh Perencanaan Perkuatan Lereng menggunakan Geotextile. (Mochtar, 2000)

## 2.7 Metode Perbaikan/Rekayasa Tanah Ekspansif

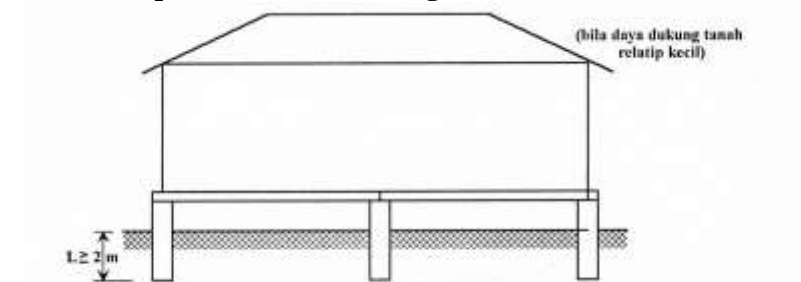
### 2.7.1 Pendekatan Terhadap Desain Konstruksi

#### 1. Pondasi Setempat untuk membuat $\sigma'_p$ besar



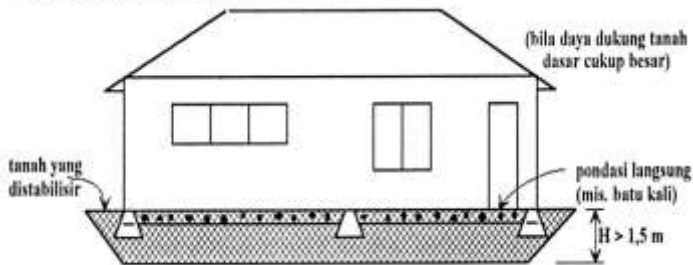
**Gambar 2.19** Simulasi Pondasi Setempat untuk membuat  $\sigma'_p$  besar (Mochtar,2000)

#### 2. Pondasi Sumuran/Tiang Strauss sampai di Bawah Lapisan Tanah Kembang Susut



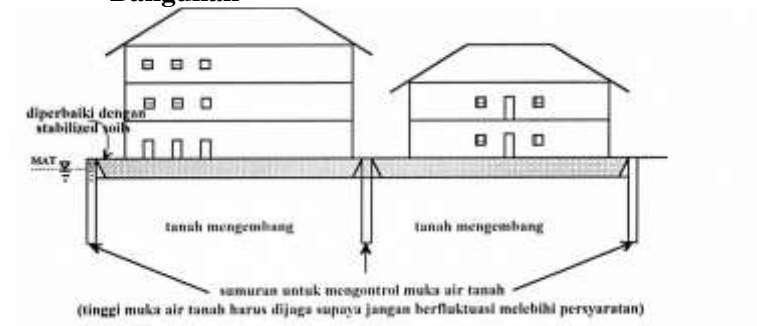
**Gambar 2.20** Simulasi Pondasi Sumuran/Tiang Strauss sampai di Bawah Lapisan Tanah Kembang Susut (Mochtar,2000)

### 3. Mengganti Lapisan Tanah Dasar dengan Tanah yang lebih baik atau telah distabilisasi.



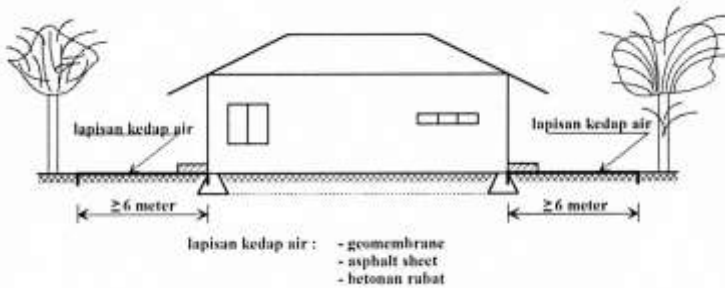
**Gambar 2.21** Simulasi Mengganti Lapisan Tanah Dasar dengan Tanah yang lebih baik atau telah distabilisasi (Mochtar,2000)

### 4. Menjaga Tinggi Muka Air Tanah di Bawah Bangunan



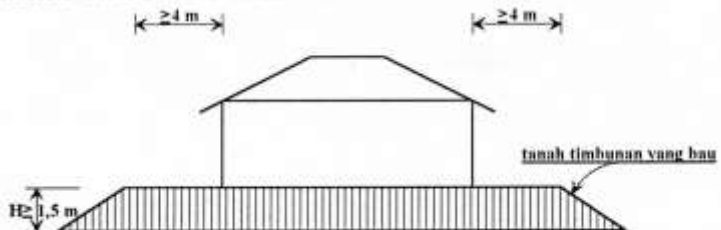
**Gambar 2.22** Simulasi Menjaga Tinggi Muka Air Tanah di Bawah Bangunan (Mochtar,2000)

### 5. Menutup Daerah di Sekitar Bangunan dengan Lapisan Kedap Air



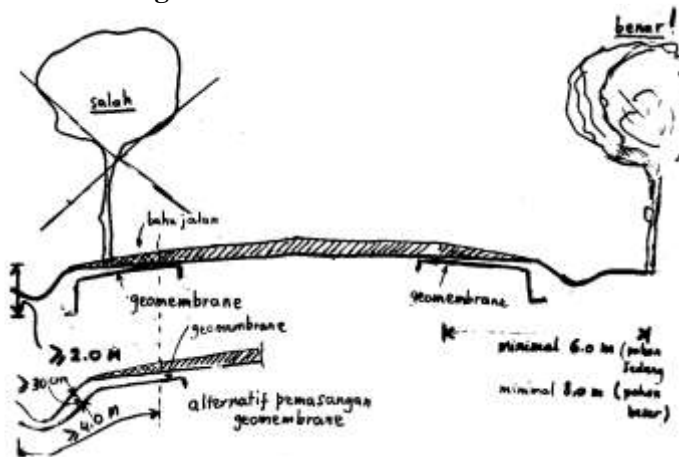
**Gambar 2.23** Simulasi Menutup Daerah di Sekitar Bangunan dengan Lapisan Kedap Air (Mochtar,2000)

### 6. Membangun Bangunan di Atas Tanah Timbunan yang Baik

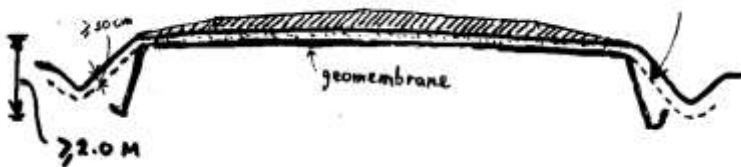


**Gambar 2.24** Simulasi Membangun Bangunan di Atas Tanah Timbunan yang Baik (Mochtar,2000)

## 7. Mencegah Perubahan Kadar Air



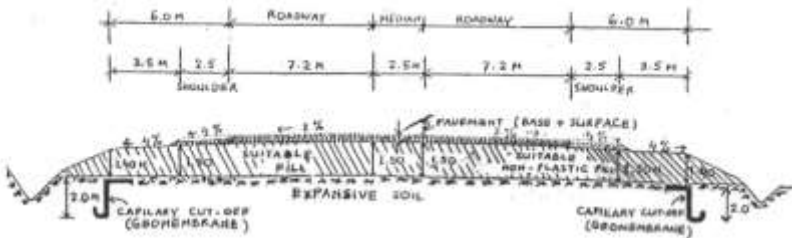
**Gambar 2.25** Simulasi Pencegahan Perubahan Kadar Air 1  
(Mochtar,2000)



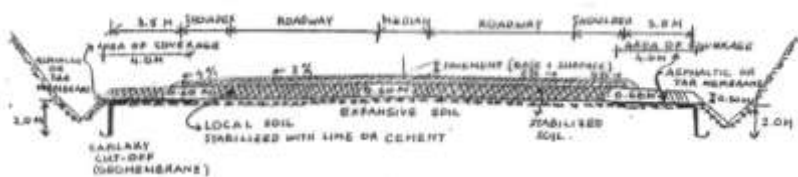
**Gambar 2.26** Simulasi Pencegahan Perubahan Kadar Air 2  
(Mochtar,2000)



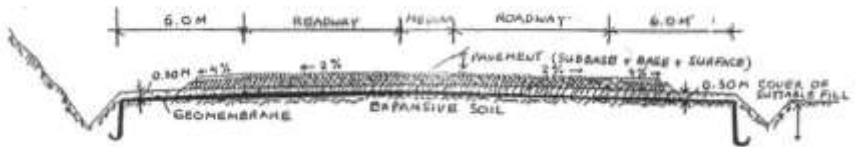
**Gambar 2.27** Simulasi Pencegahan Perubahan Kadar Air 3  
(Mochtar,2000)



**Gambar 2.28** Simulasi Pencegahan Perubahan Kadar Air 4  
(Mochtar,2000)

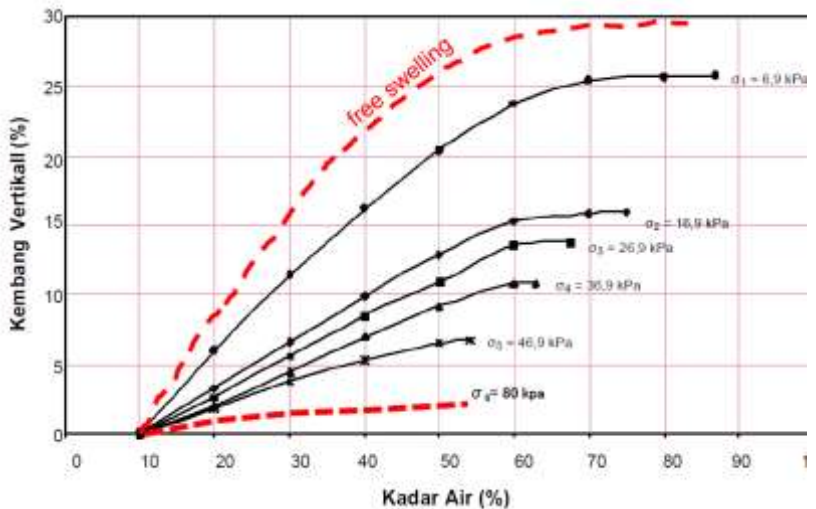


**Gambar 2.29** Simulasi Pencegahan Perubahan Kadar Air 5  
(Mochtar, 2000)

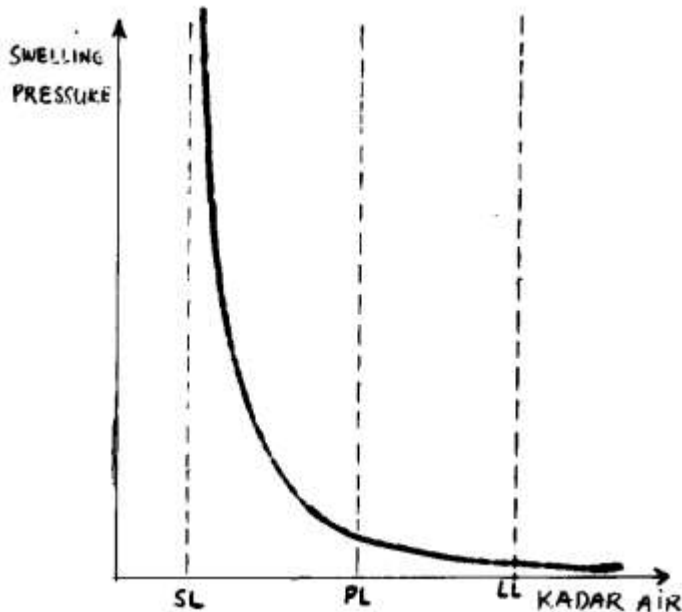


**Gambar 2.30** Simulasi Pencegahan Perubahan Kadar Air 6  
(Mochtar,2000)

## 8. Pemberian Counter-Weight



**Gambar 2.31** Grafik Swelling Magnitude



**Gambar 2.32** Grafik Swelling Pressure

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin jenuh kadar air dalam tanah maka swelling pressure yang terjadi akan semakin kecil.

### **2.7.2 Pendekatan Terhadap Tanah Ekspansif**

Salah satu upaya untuk mendapatkan sifat tanah yang memenuhi syarat-syarat teknis tertentu adalah dengan metode stabilisasi tanah. Menurut Bowles (1984), stabilisasi tanah dapat berupa tindakan-tindakan, seperti: menambah kerapatan tanah, menambah material tanah aktif sehingga mempertinggi kohesi dan tahanan gesek yang timbul, menambah material agar dapat mengadakan perubahan-perubahan alami dan kimiawi material tanah, merendahkan permukaan air tanah (drainase), dan mengganti tanah yang buruk.



Menurut Bowles (1984), Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan salah satu atau gabungan pekerjaan-pekerjaan berikut:

- **Secara mekanis**, yaitu stabilisasi dengan berbagai macam peralatan mekanis seperti mesin gilas (roller), benda-benda berat yang dijatuhkan (ponder), peledakan dengan alat peledak (eksplosif), tekanan statis, pembekuan dan pemanasan.
- **Bahan pencampur/tambahan (additive)** yaitu kerikil untuk tanah kohesif (lempung), lempung untuk tanah berbutir kasar, dan pencampur kimiawi seperti semen, gamping/kapur, abu batubara, semen aspal, abu sekam padi, *baggase ash*, dan lain-lain.

**Tabel 2.11** Penggunaan bahan-bahan stabilisasi (Hicks, 2002)

Bahan Stabilisasi	Proses	Pengaruh	Tanah yang Cocok
Semen	Sementasi, sehingga terjadi ikatan antara butir	<p>Kandungan bahan stabilisasi rendah (&lt;20%): menurunkan kerentanan terhadap perubahan kadar air.</p> <p>Kandungan bahan stabilisasi tinggi: meningkatkan modulus dan kuat Tarik secara</p>	<p>Tidak terbatas, kecuali dengan komponen yang mengganggu (bahan organik, sulfat dan bahan lain yang menghalangi rekasi dengan semen)</p> <p>Cocok untuk tanah</p>

		nyata, sehingga menghasilkan bahan terikat.	granular, tetapi tidak efisien tanah berbutir seragam dan lempung berat
Kapur	<p>Ikatan sementasi antara butiran, tetapi tingkat pencapaiannya lebih</p> <p>Reaksinya tergantung pada suhu dan memerlukan keberadaan pozzolan</p> <p>Apabila pozzolan tidak ada dalam tanah, maka kapur dapat dicampur dengan pozzolan</p>	<p>Meningkatkan sifat-sifat tanah kohesif</p> <p>Kandungan bahan stabilisasi rendah (&lt;20%): menurunkan kerentanan terhadap perubahan kadar air.</p> <p>Kandungan bahan stabilisasi tinggi: meningkatkan modulus dan kuat Tarik secara nyata, sehingga menghasilkan bahan terikat.</p>	<p>Cocok untuk tanah kohesif</p> <p>Dalam tanah perlu terdapat komponen lempung yang akan bereaksi dengan kapur (yaitu mengandung pozzolan)</p> <p>Bahan organik akan menghambat reaksi.</p>

Campuran bahan pengikat pemantapan lambat: slag/kapur, abu terbang/kapur dan slag/kapur/abu terbang	Kapur dan pozzolan merubah gradasi dan menumbuhkan ikatan sementasi	Umurnya mirip semen, tetap tingkat pencapaian kekuatan mirip kapur  Juga memperbaiki kemudahan pengerjaan  Umurnya mengurangi retak penyusutan	Sebagaimana halnya stabilisasi dengan semen  Dapat digunakan apabila tanah tidak bereaksi dengan kapur
Aspal: aspal busa, aspal cair, dan aspal emulsi	Penggumpalan ( <i>anglomeration</i> ) butir-butir halus	Menurunkan permeabilitas dan meningkatkan kekuatan kohesi  Menurunkan kepekaan terhadap kadar air melalui penyelimutan butir halus	Cocok untuk bahan granular yang mempunyai kohesi dan plastisitas rendah
Campuran aspal/semen	Penggumpalan ( <i>anglomeration</i> ) butir-butir halus yang disertai dengan	Menurunkan permeabilitas dan meningkatkan kekuatan	Cocok untuk bahan granular yang mempunyai

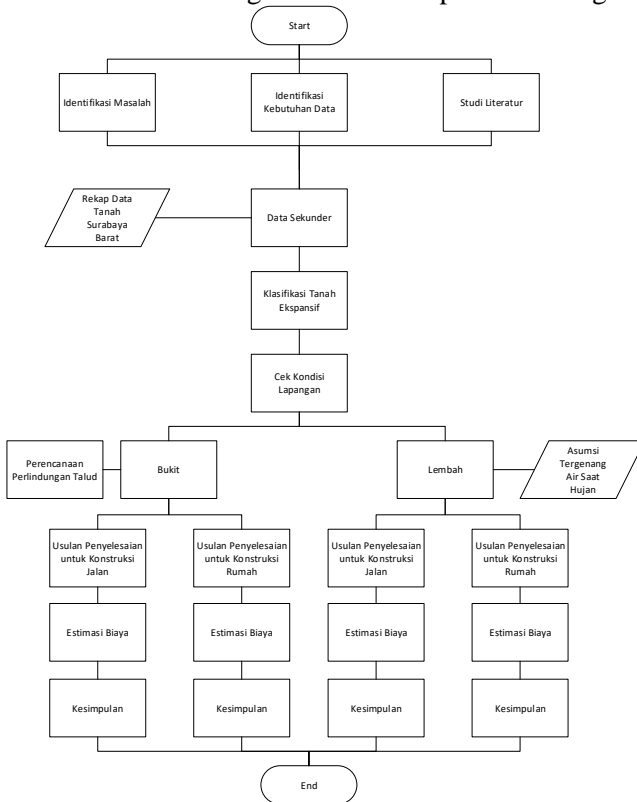
	ikatan sementasi	Semen membantu perolehan dini kekuatan	koheisi dan plastisitas rendah
Bahan granular Mencampur dua atau lebih bahan untuk mendapatkan gradasi yang diperlukan	Peningkatan terbatas kekuatan, permeabilitas, stabilitas volume dan kemudahan dipadatkan	Bahan tetap berbentuk granular	Tanah bergradasi jelek, tanah granular yang tidak memiliki butir berukuran tertentu
Bahan kimia lain	Penggumpalan	Secara tipikal meningkatkan kekuatan dalam keadaan kering Merubah permeabilitas dan stabilitas volume	Secara tipikal tanah bergradasi jelek

## BAB 3 METODOLOGI

Penyelesaian Tugas Akhir ini dengan judul Usulan Penyelesaian Masalah Rekayasa Tanah untuk Jalan dan Gedung di atas Tanah Ekspansif Studi Kasus Surabaya Barat akan dilakukan beberapa tahapan yaitu:

### 3.1 Bagan Alir

Berikut ini adalah diagram alir dalam penulisan Tugas Akhir.



**Gambar 3.1** Diagram alir Tugas Akhir

### **a. Identifikasi Masalah, Kebutuhan Data dan Studi Literatur**

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi terhadap masalah tanah ekspansif Surabaya Barat dan menentukan data apa saja yang dibutuhkan dalam Tugas Akhir ini. Studi pustaka dilakukan untuk mendapatkan pendalaman pemahaman terhadap permasalahan supaya pencapaian tujuan dapat dilakukan dengan tepat. Oleh karena itu di perlukan beberapa literatur untuk mendapatkan teori-teori yang relevan yang meliputi pembahasan:

1. Metode Perbaikan Tanah Ekspansif  
Studi literatur mencakup metode perbaikan tanah yang akan diterapkan pada tanah ekspansif di Surabaya Barat.
2. Alternatif Desain Pondasi Dangkal  
Studi literatur mencakup macam-macam alternative pondasi dangkal yang dapat digunakan pada tanah ekspansif
3. Perencanaan Drainase Perkotaan  
Studi literatur ini mencakup bagaimana cara merencanakan drainase di wilayah perkotaan.
4. Perencanaan Perlindungan Talud  
Studi literature ini mencakup bagaimana cara merencanakan perlindungan terhadap talud.

### **b. Pengumpulan Data**

Data-data yang akan digunakan dalam pembuatan proposal sebagian besar merupakan data sekunder antara lain:

1. Data Tanah: *Bor Log Soil Properties*
2. Data Tanah: *Hidrometer Test*

### **c. Klasifikasi Tanah Ekspansif**

Perhitungan Aktivitas (A) diperlukan untuk mengetahui potensi tanah ekspansif yang terdapat di Surabaya Barat.

**d. Cek Kondisi Lapangan**

Pada tahapan ini perencanaan alternatif-alternatif rekayasa tanah akan dibagi menjadi 2 berdasarkan kondisi lapangannya, di Bukit atau Lembah. Apabila di Bukit maka diperlukan perencanaan perlindungan terhadap talud, sedangkan apabila berada di daerah Lembah maka diperlukan perencanaan parit.

**e. Desain Usulan Rekayasa Tanah Ekspansif**

Pada tahapan ini mulai dilakukan perencanaan usulan rekayasa tanah yang akan digunakan terhadap tanah ekspansif untuk tanah ekspansif di Surabaya Barat.

**f. Menghitung Biaya Bahan dari Usulan Rekayasa Tanah Ekspansif di daerah Lembah dan di Bukit**

Menghitung biaya-biaya yang dibutuhkan untuk tiap usulan rekayasa tanah.

**g. Kesimpulan**

Memberikan kesimpulan dari usulan yang direncanakan, mengenai biaya, kemudahan pengerjaan dll.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Data Tanah

Analisis data tanah akan memberikan penjelasan hasil penyelidikan tanah di daerah Perumahan Citraland yang meliputi data *boring log* yang dilakukan di lokasi tersebut dan pengolahannya dilakukan oleh pihak Laboratorium Mekanika Tanah ITS. Analisis data tanah diperlukan untuk penentuan alternatif penyelesaian perbaikan tanah pada Tugas Akhir ini.

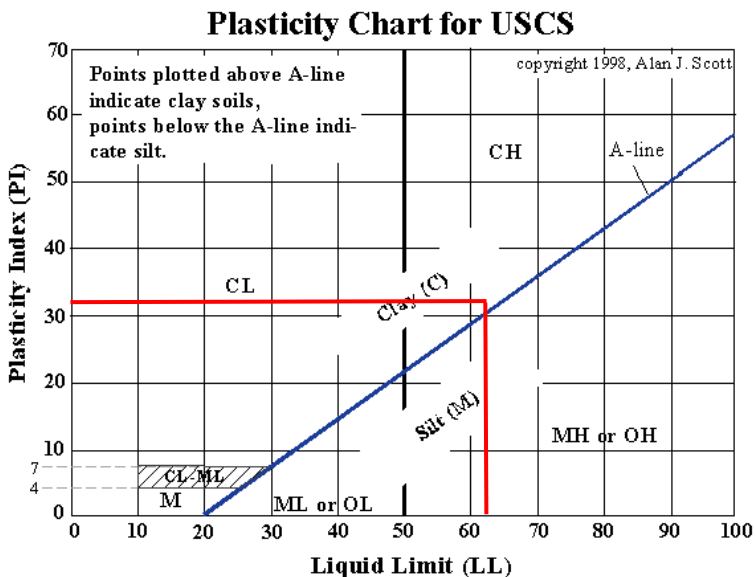
Data tanah yang digunakan pada perencanaan ini ada 2 yaitu BH-1 dan BH-2. Data tanah dapat dilihat lebih lengkap di **Lampiran 1**. Kedua data tersebut memiliki nilai parameter yang relatif sama maka pada perencanaan ini kedua data tersebut akan dirata-rata yang kemudian akan ditabulasikan pada **Tabel 4.1**

**Tabel 4.1** Nilai Rata-rata Parameter Data Tanah

Jenis Pengujian	Satuan	Kedalaman					
		0-8,0 m	8,0-13,0m	13,0-18,0m	18,0-25,5m	25,5-45,5m	45,5m-60,5m
Parameter							
Indeks Properti							
Kadar Air (wc)	%	41.575	40.17	40.9	39.695	38.42	36.28
Gs		2.598	2.6505	2.6625	2.6025	2.688	2.712
Berat Vol. Basah (ysat)	KN/m <sup>3</sup>	16.78	17.155	17.305	17.32	17.68	18.06
Berat Vol. Kering (yd)	KN/m <sup>3</sup>	11.015	11.485	11.7	11.88	12.23	12.77
Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)							
Kohesi (Cu)	KN/m <sup>2</sup>	25	50.5	82.5	90	91	153
Grain Size							
Lolos Ayakan no. 200	%	91.555	92.47	91.45	92.43	92.11	91.21
Komposisi Lempung	%	74.665	73.225	75.505	75.38	72.94	75.3
Atterberg Limit							
Batas Cair (LL)	%	64.56	64.685	65.385	65.35	64.53	63.54
Batas Plastis (PL)	%	32.145	30.75	32.13	31.43	33.15	33.47
Indeks Plastisitas (PI)	%	32.415	33.935	33.255	33.92	31.38	30.07
Klasifikasi Tanah Menurut USCS		CH	CH	CH	CH	CH	CH
Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO		A-7-5	A-7-5	A-7-5	A-7-5	A-7-5	A-7-5

Data tersebut kemudian akan diklasifikasikan menggunakan peraturan USCS dan AASHTO. Peraturan USCS secara lengkap dapat dilihat pada **Tabel 2.8**. Sedangkan peraturan AASHTO dapat dilihat pada **Tabel 2.9**. Hasil klasifikasi dapat lebih jelas dilihat pada **Tabel 4.1**.

Berikut adalah salah satu contoh klasifikasi tanah yang dilakukan terhadap tanah pada kedalaman 0-8m. Menurut aturan USCS maka tanah ini dikategorikan sebagai tanah berbutir halus karena tanah yang lolos ayakan no 200 di atas 50%. Batas Cair dan Indeks Plastisitas kemudian diplotkan ke bagan plastisitas sistem USCS (Grafik Cassagrande). Didapatkan bahwa Tanah berdasarkan sistem USCS diklasifikasikan sebagai CH.



**Gambar 4.1** Contoh Plotting Data LL dan PI Tanah Kedalaman 0-8m untuk Klasifikasi USCS

Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO karena tanah yang lolos ayakan no. 200 berkisar sekitar 90%, maka tanah ini termasuk dalam klasifikasi Lanau-Lempung. Apabila melihat Batas Cair dan Indeks Plastisitas maka tanah ini termasuk dalam klasifikasi A-7-5 ( $PI \leq LL-30$ ).

#### 4.2 Perilaku Tanah di Wilayah Studi

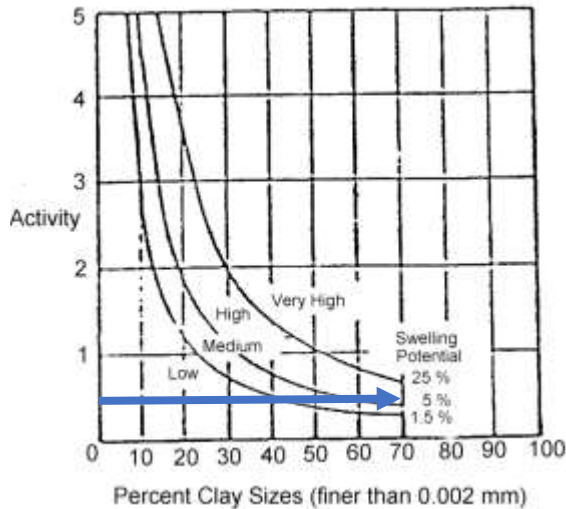
Berdasarkan data tanah yang dimiliki (**Lampiran 1**), dilakukan perhitungan aktivitas terhadap tanah ekspansif yang berada di lokasi Perumahan Citraland untuk mengetahui seberapa besar potensi pengembangan tanah di daerah tersebut. Data tanah yang digunakan adalah data tanah di permukaan dikarenakan tanah yang mengalami kembang susut akibat perubahan kadar air yang disebabkan oleh siklus pengeringan dan pembasahan terjadi di daerah permukaan saja. Pada perhitungan ini digunakan metode perhitungan Skempton yang menggunakan data Indeks Plastisitas dan Besar Fraksi Lempung pada Tanah.

$$Aktivitas (A) = \frac{IP}{\% Lempung}$$

$$\text{Dimana: } \%Lempung = 74,39\%$$

$$IP = 32,17\%, \text{ maka}$$

$$Aktivitas (A) = \frac{32,17\%}{74,39\%} = 0.43$$



**Gambar 4.2 Identifikasi Potensi Pengembangan Metode Skempton**

Didapatkan bahwa tanah ekspansif di Citraland termasuk dalam kategori tanah yang memiliki potensi mengembang tinggi sehingga memerlukan usulan penyelesaian perbaikan tanah untuk tanah ekspansif di bawah konstruksi jalan dan rumah.

#### **4.3 Perencanaan Perlindungan Talud**

Berdasarkan perhitungan pada sub bab sebelumnya diketahui bahwa tanah di Citraland termasuk dalam kategori tanah yang memiliki potensi mengembang yang tinggi sehingga diperlukan adanya perencanaan perlindungan dari perubahan kadar air akibat hujan terhadap talud sehingga tidak terjadi kelongsoran pada saat musim penghujan. Pada tugas akhir ini akan direncanakan penggunaan geomembrane untuk melindungi talud. Talud yang perlu untuk dilindungi adalah talud yang berada di dekat dengan konstruksi dan talud yang tidak stabil ( $SF < 1,5$ ). Untuk

mengetahui kestabilan talud digunakan program bantu seperti Xstable, Geoslope, dsbnya untuk melakukan analisa stabilitas.



**Gambar 4.3** Rencana Perlindungan Talud

Apabila ditemukan di lapangan bahwa terdapat talud yang berada di dekat konstruksi jalan ataupun rumah dan memiliki kemiringan yang curam/ $SF < 1,5$  maka seperti terlihat pada **Gambar 4.3**, talud akan dibagi menjadi beberapa lapisan dengan ketebalan lapisan sebesar 20cm. Kemudian padatkan tanah talud di tiap lapisan tersebut kemudian tutup dengan geomembrane, lalu tutup geomembrane dengan sirtu kemudian ditutup lagi dengan tanah yang memiliki plastisitas rendah.

#### 4.4 Usulan Penyelesaian

Pada prinsipnya, untuk menyelesaikan permasalahan tanah ekspansif adalah dengan cara menjaga agar kadar air di dalam tanah dalam kondisi yang konstan. Ada banyak alternatif yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tanah ekspansif seperti dapat dilihat pada **Sub Bab 2.8**. Namun pada Tugas Akhir ini tidak semua perencanaan dapat dilakukan secara efektif di semua tempat. Hal ini disebabkan kontur tanah Citraland naik turun menyerupai bukit dan lembah sehingga menyebabkan perencanaan perbaikan tanah ekspansif untuk jalan dan rumah di kedua tempat ini menjadi berbeda.

**Gambar 2.31** menunjukkan korelasi antara kadar air dalam tanah terhadap *Swelling Pressure* yang dapat terjadi. Dapat dilihat bahwa pada grafik ini, pada saat kadar air berada di sekitar daerah SL (kadar air minimum/kering), maka perubahan swelling pressure

sangatlah sedikit, demikian pula saat kadar air berada di sekitar daerah LL (kadar air maksimum/jenuh). Yang perlu diperhatikan pada Gambar ini adalah perubahan yang cukup signifikan terjadi pada saat perubahan dari kondisi kering (dekat dengan SL) menuju ke kondisi basah (dekat dengan LL). Perubahan inilah yang perlu dihindari sehingga, pada perencanaan ini, tanah akan dibiarkan tetap dalam kondisi kering (*Keep It Dry*) atau dalam kondisi basah (*Keep It Wet*) sepanjang tahun.

#### **4.4.1 Usulan Penyelesaian di Bukit**

Bukit pada Tugas Akhir ini dimaksudkan dengan daerah yang memiliki elevasi lebih tinggi daripada daerah di sekitarnya dan nyaris tidak mungkin terjadi genangan air. Hal ini dikarenakan air hujan yang jatuh dari atas langsung mengalir ke daerah yang lebih rendah sesuai dengan sifat alami dari air. Kondisi ini menyebabkan pembasahan akibat air hujan hanya terjadi di permukaan saja, tidak sampai masuk ke dalam tanah. Namun mengandalkan sifat alami air saja untuk memastikan bahwa air pasti mengalir tidaklah cukup, perlu direncanakan perencanaan untuk memastikan agar air di bukit langsung dapat mengalir ke daerah lembah tanpa mempengaruhi kadar air tanah dasar. Melihat bahwa air hanya membasahi permukaan saja, maka pada perencanaan di bukit akan dilakukan perencanaan agar kondisi tanah dasarnya dalam kondisi kering sepanjang musim, yang bisa disebut dengan metode *Keep It Dry*. Metode ini dilakukan pada saat musim kemarau, dimana akibat panas sinar matahari maka air di dalam tanah akan menguap dan menyebabkan kondisi kadar air tanah berada dalam kondisi minimum. Beberapa alternatif yang dapat digunakan dengan metode ini adalah sebagai berikut:

##### **1. Manajemen Air**

Penggunaan Sistem Drainase yang baik akan membuat tidak akan ada genangan air yang terjadi pada daerah bukit. Pada perencanaan ini, tidak akan membahas

tentang manajemen air dikarenakan Sistem drainase membahas tentang Jaringan Drainase, Curah Hujan, Ukuran Drainase, Kekuatan dan Letak Pompa dsbnya yang tidak dibahas pada Tugas Akhir ini.

2. Penggunaan Lapisan Kedap Air (Geomembran)  
Penggunaan Geomembran bertujuan untuk mencegah infiltrasi air hujan langsung ke dalam tanah pada saat musim penghujan dan menghindari terjadinya penguapan di musim kemarau.
3. Penggantian Tanah Dasar  
Bertujuan untuk mengganti tanah dasar yang ekspansif dengan tanah dasar yang tidak ekspansif sehingga resiko akibat kembang susut dapat dikurangi bahkan dihilangkan.
4. Stabilisasi Kapur untuk Jalan  
Bertujuan untuk mengurangi plastisitas tanah, sehingga kembang susut tanahpun berkurang. Selain itu bisa menaikkan kekuatan tanah dasar.

Pada perencanaan ini, untuk konstruksi jalan akan direncanakan dan dibandingkan antara Penggunaan Geomembran pada Parit serta Stabilisasi Kapur. Sedangkan untuk konstruksi rumah akan direncanakan dan dibandingkan antara Penggantian Tanah Dasar dan Penggunaan Geomembran di sekeliling rumah.

#### **4.4.1.1 Perencanaan Stabilisasi Kapur untuk Jalan**

Sebelum melakukan stabilisasi, perlu diketahui tentang kedalaman zona aktif tanah tersebut. Zona aktif adalah daerah dimana siklus *dry wetting* mempengaruhi perubahan kadar air yang terjadi di dalamnya. Pada umumnya, zona aktif yang terdapat dalam tanah berkisar antara 1 – 1,5m. Pada perencanaan ini akan dilakukan stabilisasi pada zona aktif dengan kedalaman 1,5m.

Besarnya kapur yang digunakan untuk stabilisasi berdasarkan Ingles & Metcalf (1972) berkisar antara 3-8%.

Berdasarkan Sutikno dan Budi Damianto (2009), kadar kapur padam yang optimum berada pada besaran 6%. Oleh karena itu pada perencanaan ini akan digunakan kadar kapur sebesar 6% dari berat volume kering tanah.

Besaran kapur dapat dihitung sebagai berikut:

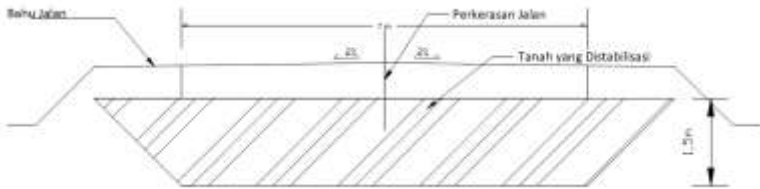
$$\begin{aligned} \text{Jumlah Kapur} &= 6\% \times \gamma_d \times \text{Volume} \\ &= 6\% \times \frac{1,092t}{m^3} \times 7m \times 1,5m \times 1m \\ &= 0,68796t = 687,96 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-3439-1994, cara pengerjaan stabilisasi kapur ini adalah sebagai berikut:

1. Siapkan tanah yang akan distabilisasi untuk pencampuran stabilisasi tanah lempung dengan kapur dilakukan di tempat;
2. Gemburkan tanah yang akan distabilisasi dengan ketentuan sebagai berikut:
  - a. Tanah dasar harus bersih dari kotoran dan bahan organis
  - b. Tanah dipecah dan digemburkan terlebih dahulu dengan alat penggembur
  - c. Air yang digunakan harus sesuai dengan SK SNI T-14-1992-03 (tidak mengandung asam, alkali, bahan organik, minyak, sulfat dan klorida di atas nilai yang diijinkan)
3. Hamparkan kapur yang akan dicampur secara merata dengan cara manual atau dengan alat penyebar mekanik, sesuai dengan yang dibutuhkan apabila pencampuran di lokasi setempat
4. Aduk kedua bahan sampai merata, selama pengadukan dapat ditambahkan air bila diperlukan dan pemberian air dilakukan secara bertahap sampai memenuhi ketentuan yang berlaku;



5. Sesuaikan dengan yang direncanakan dan kemampuan alat pencampur tebal campuran di lapangan sebelum dipadatkan, yaitu 30 cm lepas
6. Padatkan tanah pada butir ke 5 dengan menggunakan pemadat roda karet atau yang sejenis
7. Lakukan pemadatan dari tepi menuju ke tengah sejajar sumbu jalan pada bagian yang lurus; sedangkan pada tikungan dilakukan dari bagian yang rendah ke bagian yang tinggi sejajar sumbu jalan, demikian pula pada tanjakan, pemadatan dilakukan dari bagian yang rendah menuju ke tempat yang tinggi sejajar sumbu jalan;
8. Lakukan pemadatan awal dengan pemadat roda karet, pada lintasan pertama roda penggerak dan mesin penggilas diletakkan di depan; setelah pemadatan awal jika masih perlu diratakan dan dibentuk, dipakai alat pembentuk mekanik.
9. Lakukan pemadatan akhir dengan alat pemadat roda tandem, setelah kerataan memenuhi persyaratan;
10. Periksa kepadatannya dan ukur tebal lapisan padat setelah minimum 4 lintasan;
11. Usahakan konstruksi lapisan campuran tidak menjadi kering, selama masa pelaksanaan dan selama masa perawatan;
12. Lakukan pengendalian mutu selama pekerjaan berlangsung; pengamatan kelembaban dilakukan untuk menentukan efektivitas cara perawatan yang digunakan.



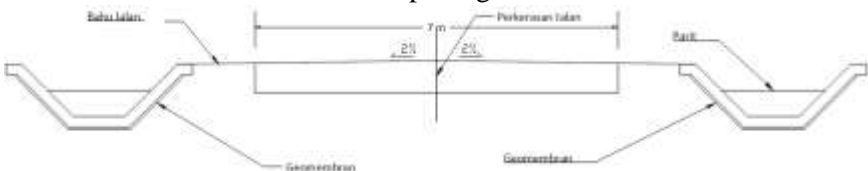
**Gambar 4.4** Perencanaan Stabilisasi Kapur

#### 4.4.1.2 Penggunaan Geomembran pada Parit untuk Jalan

Berdasarkan pengamatan secara langsung, parit yang telah ada di daerah Citraland dapat secara baik mengalirkan air dari daerah bukit ke daerah lembah (tidak terjadi genangan air), sehingga pada perencanaan ini tidak melakukan perencanaan ulang untuk parit tapi menggunakan spesifikasi parit yang telah ada. Parit yang digunakan ini kemudian akan ditutup dengan Geomembran di bagian dasarnya. Geomembran ini bertujuan untuk melindungi tanah dari perubahan kadar air yang terjadi akibat air dari parit merembes masuk ke dalam tanah.

Metode pelaksanaanya adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan pengerukan untuk pembuatan parit sesuai dengan ukuran yang telah dihitung.
2. Pembersihan Lapangan agar tidak ada benda tajam yang dapat merusak geomembrane.
3. Geomembran kemudian dipasang di bawah parit seperti **Gambar 4.6**
4. Parit kemudian dipasang.



**Gambar 4.5** Rencana Pemasangan Geomembrane

#### **4.4.1.3 Perencanaan Penggantian Material Tanah Dasar untuk Rumah**

Pada perencanaan ini, akan dilakukan penggantian material tanah dasar yang ekspansif dengan material tanah yang tidak ekspansif. Karena pada umumnya, perubahan kadar air terjadi di tanah bagian permukaan, sekitar 1-1,5 m dari permukaan tanah maka yang dilakukan penggantian material adalah hanya sampai kedalaman 1,5m tersebut.

Perlu dilakukan perhitungan tentang seberapa besar volume tanah yang akan digali dan diurug. Namun karena ukuran rumah di Citraland memiliki variasi yang cukup banyak, pada perencanaan ini dilakukan perhitungan dengan contoh rumah yang berukuran 200 m<sup>2</sup>. Maka volume tanah yang perlu dipersiapkan adalah sekitar 300m<sup>3</sup>.

Metode pengerjaan perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Lakukan penggalian menggunakan mesin penggali sedalam 2m seluas rumah yang akan dibangun.
2. Masukkan material baru yang telah disiapkan ke dalam galian tadi
3. Padatkan material baru tersebut. Agar minimal memiliki kekuatan yang melebihi kekuatan tanah sebelumnya.



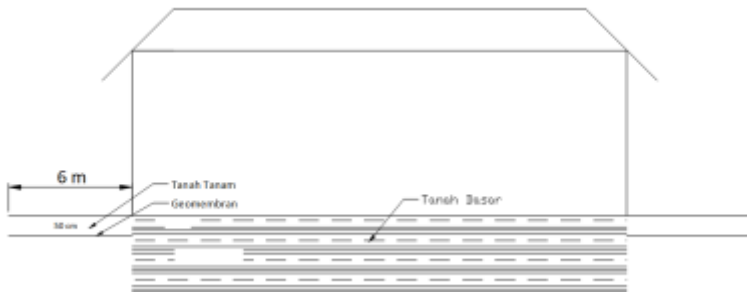
**Gambar 4.6** Skema Perencanaan Penggantian Material

#### **4.4.1.4 Penggunaan Geomembran di Sekeliling Rumah**

Pada perencanaan ini akan direncanakan penggunaan geomembrane di sekeliling rumah. Metode pemasangannya adalah sebagai berikut:

1. Lakukan penggalian sedalam 50 cm di sekeliling rumah
2. Pasang Geomembran di bagian dasar galian
3. Tutup geomembrane dengan tanah tanam di atasnya.

Penggunaan tanah taman pada perencanaan ini ditujukan agar pemilik rumah dapat menanam tumbuhan/tanaman berukuran kecil di sekeliling rumahnya. Sedangkan lapisan pasir bertujuan agar pada saat air hujan masuk ke dalam celah-celah pada tanah taman maka air tersebut akan dialirkan menuju saluran terdekat sehingga air tidak merembes sampai ke bawah. Namun apabila ternyata air tidak mengalir dan berhenti di lapisan pasir maka akan diproteksi oleh Geomembran. Skema pemasangan dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.



**Gambar 4.7** Skema Perencanaan Geomembran di Sekeliling Rumah

#### 4.4.2 Usulan Penyelesaian di Lembah

Lembah pada Tugas Akhir ini dimaksudkan dengan daerah yang memiliki elevasi lebih rendah daripada daerah di sekitarnya dan sangat mungkin untuk terjadi genangan air. Hal ini dikarenakan daerah lembah menerima air hujan yang jatuh dari atas serta air yang mengalir dari daerah bukit. Kondisi ini menyebabkan pembasahan akibat air hujan berdampak hingga beberapa meter di bawah permukaan tanah. Hal ini akan menyebabkan kerusakan struktural yang cukup parah apabila tanah mengalami pengeringan akibat perubahan cuaca. Oleh karena itu pada perencanaan di lembah, tanah akan diusahakan tetap dalam kondisi jenuh, atau yang juga disebut dengan metode *Keep It Wet*. Perencanaan menggunakan metode ini dilakukan pada saat akhir musim penghujan, dimana kondisi kadar air tanah berada dalam kondisi jenuh. Beberapa alternatif yang dapat digunakan dengan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan Timbunan di Bawah Konstruksi

Bertujuan sebagai counterweight atas gaya angkat yang disebabkan oleh pengembangan. Selain itu juga

menutup tanah dasar dari perubahan kadar air juga untuk menghindari air banjir masuk ke dalam rumah.

## 2. Penggantian Tanah Dasar

Bertujuan untuk mengganti tanah dasar yang ekspansif dengan tanah dasar yang tidak ekspansif sehingga resiko akibat kembang susut dapat dikurangi bahkan dihilangkan.

## 3. Penggunaan Geomembran

Penggunaan Geomembran bertujuan untuk mencegah infiltrasi air hujan langsung ke dalam tanah pada saat musim penghujan dan menghindari terjadinya penguapan di musim kemarau.

## 4. Stabilisasi Kapur untuk Jalan

Bertujuan untuk mengurangi plastisitas tanah, sehingga kembang susut tanahpun berkurang. Selain itu bisa menaikkan kekuatan tanah dasar.

Pada Tugas Akhir ini, untuk konstruksi jalan akan direncanakan dan dibandingkan antara Penggunaan Geomembran di Bawah Jalan serta Stabilisasi Kapur. Sedangkan untuk konstruksi rumah akan direncanakan dan dibandingkan antara Penggunaan Timbunan di Bawah Rumah dan Penggunaan Geomembran di sekeliling rumah.

### 4.4.2.1 Perencanaan Stabilisasi Kapur untuk Jalan

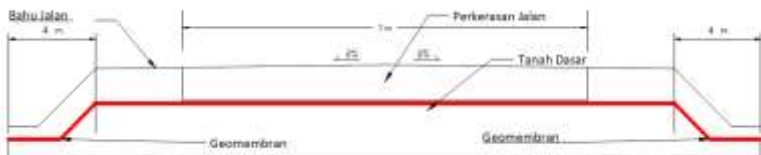
Perencanaan ini sama dengan perencanaan pada **Sub Bab**

#### 4.4.1.1

### 4.4.2.2 Penggunaan Geomembrane di Bawah Konstruksi Jalan

Pada daerah lembah, akan lebih mudah tergenang air dikarenakan akibat air hujan yang turun dari bukit, selain itu juga diakibatkan naiknya muka air tanah. Karena kondisi yang demikian

maka perencanaan geomembrane ini akan berbeda dengan perencanaan Geomembran di daerah bukit. Pada perencanaan geomembran ini, posisi geomembran akan diletakkan di bawah perkerasan jalan seperti pada **Gambar 4.7** dengan tujuan untuk mengantisipasi apabila terjadi retak pada perkerasan di jalan yang dapat menyebabkan air merembes masuk ke dalam tanah. Selain di bawah perkerasan jalan, geomembrane akan dipanjangkan secara horizontal sejauh 4m dari bahu jalan. Hal ini bertujuan agar, pada saat terjadi siklus pengeringan dan pembasahan, yang mengalaminya hanya tanah yang berada di tepi geomembran. Pengerjaan dilakukan di akhir musim penghujan di saat tanah berada dalam kondisi jenuh.



**Gambar 4.8** Skema Pemasangan Geomembran

Metode pelaksanaanya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penggalian untuk pemasangan perkerasan
2. Geomembran kemudian dipasang di bawah perkerasan (di dasar galian) dan memanjang horizontal sepanjang 4m dari bahu jalan seperti terlihat **Gambar 4.7**.

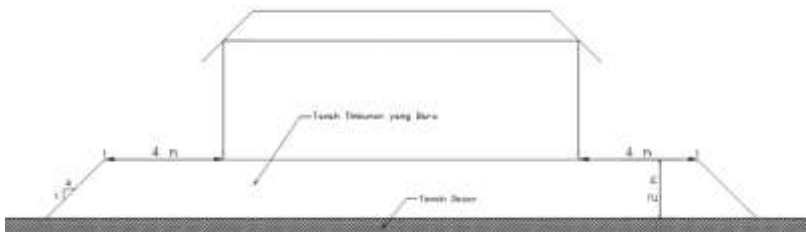
Panjang 4m merupakan jarak yang aman agar tanah yang mengalami siklus pengeringan pembasahan hanya di tepi geomembrane saja.

3. Dilakukan pembuatan perkerasan jalan.

#### 4.4.2.3 Perencanaan Penggunaan Timbunan di Bawah Rumah

Pada perencanaan ini akan di rencanakan timbunan di bawah rumah dengan tujuan sebagai counterweight gaya angkat tanah ekspansif, maupun sebagai penutup tanah dasar agar tidak mengalami perubahan kadar air akibat siklus dry wetting. Berdasarkan **Gambar 2.31**, urugan dengan ketinggian 2m akan membuat kembang vertikalnya menjadi sebesar 7%, angka ini sangatlah kecil sehingga ketinggian timbunan yang akan direncanakan adalah setinggi 2m.

Untuk menghindari terjadinya swelling pressure akibat perubahan kadar air, maka pelaksanaan perencanaan ini akan dilakukan di akhir masa penghujan dimana kondisi tanah berada di dalam kondisi jenuh sehingga swelling pressurennya sangatlah kecil. Gambar pemasangan dapat dilihat pada **Gambar 4.9**.



**Gambar 4.9** Skema Perencanaan Timbunan

#### 4.4.2.4 Penggunaan Geomembran di Sekeliling Rumah

Perencanaan ini sama dengan perencanaan pada **Sub Bab 4.4.1.4**.

### 4.5 Estimasi Biaya

Perbandingan harga pada perencanaan ini diperlukan untuk menentukan manakah alternatif terbaik dari 2 perencanaan yang telah direncanakan di tiap-tiap kondisi. Pada Jalan, akan



dibandingkan harga per km. Sedangkan untuk rumah akan digunakan rumah dengan ukuran 10m x 20m (200m<sup>2</sup>).

#### 4.5.1 Perencanaan Perbaikan Tanah untuk Jalan di Bukit

##### 4.5.1.1 Perencanaan Stabilisasi Kapur untuk Jalan

**Tabel 4.2** Estimasi Biaya Stabilisasi Kapur untuk jalan di bukit  
(/km jalan untuk 6m lebar jalan)

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>I</b>	<b>Material</b>				
1	Kapur	kg	687960	Rp 950.00	Rp 653,562,000.00
<b>II</b>	<b>Sewa Peralatan</b>				
1	Pemadatan Tanah	m <sup>3</sup>	9	Rp 65,650.00	Rp 590,850.00
2	Biaya Menghampar dengan Finisher	jam		Rp 1,207,314.00	Rp 1,207,314.00
3	Road Mixing Plant	ton	687.96	Rp 105,630.00	Rp 72,669,214.80
Total Harga					Rp 728,029,378.80

##### 4.5.1.2 Penggunaan Geomembran pada Parit untuk Jalan

**Tabel 4.3** Estimasi Biaya Penggunaan Geomembran pada Parit  
untuk Jalan (/km parit dengan ukuran lebar dasar 0,8m  
kemiringan 1:1, kedalaman saluran 0,8m)

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>I</b>	<b>Pekerjaan Geomembran</b>				
1	Pengadaan Geomembran 0,75 mm	m <sup>2</sup>	2400	Rp 35,000.00	Rp 84,000,000.00
2	Pemasangan Geomembran 0,75 mm	m <sup>2</sup>	2400	Rp 13,000.00	Rp 31,200,000.00
Total Harga					Rp 115,200,000.00

#### 4.5.2 Perencanaan Perbaikan Tanah untuk Rumah di Bukit

##### 4.5.2.1 Perencanaan Penggantian Material Tanah Dasar untuk Rumah

**Tabel 4.4** Estimasi Biaya Perencanaan Penggantian Material  
Tanah Dasar untuk Rumah (Luas Lahan 200 m<sup>2</sup>)

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>I</b>	<b>Pekerjaan Tanah</b>				
1	Penggalian Tanah	m <sup>2</sup>	300	Rp 90,325.00	Rp 27,097,500.00
2	Pengurugan Tanah dengan Pemadatan	m <sup>2</sup>	300	Rp 203,330.00	Rp 60,999,000.00
Total Harga					Rp 88,096,500.00

#### 4.5.2.2 Penggunaan Geomembran di Sekeliling Rumah

**Tabel 4.5** Estimasi Biaya Penggunaan Geomembran di Sekeliling Rumah

Penggunaan Geomembran di Sekeliling Rumah (Pasir)					
No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>I Pekerjaan Tanah</b>					
1	Penggalian Tanah	m <sup>3</sup>	60	Rp 90,325.00	Rp 5,419,500.00
2	Tanah Urug Katel	m <sup>3</sup>	60	Rp 188,825.00	Rp 11,329,500.00
<b>II Pekerjaan Geomembran</b>					
1	Pengadaan Geomembran 0,75 mm	m <sup>2</sup>	120	Rp 35,000.00	Rp 4,200,000.00
2	Pemasangan Geomembran 0,75 mm	m <sup>2</sup>	120	Rp 13,000.00	Rp 1,560,000.00
Total Harga					Rp 22,509,000.00

#### 4.5.3 Perencanaan Perbaikan Tanah untuk Jalan di Lembah

##### 4.5.3.1 Perencanaan Stabilisasi Kapur untuk Jalan

**Tabel 4.6** Perencanaan Stabilisasi Kapur untuk Jalan di Lembah  
(/km jalan untuk 6m lebar jalan)

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>I Material</b>					
1	Kapur	kg	687960	Rp 950.00	Rp 653,562,000.00
<b>II Sewa Peralatan</b>					
1	Pemadatan Tanah	m <sup>3</sup>	9	Rp 65,650.00	Rp 590,850.00
2	Biaya Menghampar dengan Finisher	jam		Rp 1,207,314.00	Rp 1,207,314.00
3	Road Mixing Plant	ton	687.96	Rp 105,630.00	Rp 72,669,214.80
Total Harga					Rp 728,029,378.80

##### 4.5.3.2 Penggunaan Geomembrane di Bawah Konstruksi Jalan

**Tabel 4.7** Penggunaan Geomembrane di Bawah Konstruksi Jalan  
(/km jalan untuk 6m lebar jalan)

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>I Pekerjaan Geomembran</b>					
1	Pengadaan Geomembran 0,75 mm	m <sup>2</sup>	6000	Rp 35,000.00	Rp 210,000,000.00
2	Pemasangan Geomembran 0,75 mm	m <sup>2</sup>	6000	Rp 13,000.00	Rp 78,000,000.00
Total Harga					Rp 288,000,000.00

#### 4.5.4 Perencanaan Perbaikan Tanah untuk Rumah di Lembah

##### 4.5.4.1 Perencanaan Penggunaan Timbunan di Bawah Rumah

**Tabel 4.8** Perencanaan Penggunaan Timbunan di Bawah Rumah

Penggunaan Timbunan di Bawah Rumah					
No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>I Pekerjaan Tanah</b>					
1	Pengurugan Tanah dengan Pemadatan	m <sup>2</sup>	640	Rp 203,330.00	Rp 130,131,200.00
Total Harga					Rp 130,131,200.00

##### 4.5.4.2 Penggunaan Geomembran di Sekeliling Rumah

**Tabel 4.9** Penggunaan Geomembran di Sekeliling Rumah

Penggunaan Geomembran di Sekeliling Rumah (Pasir)					
No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Jumlah Harga
<b>I Pekerjaan Tanah</b>					
1	Penggalian Tanah	m <sup>3</sup>	60	Rp 90,325.00	Rp 5,419,500.00
2	Tanah Urug Katel	m <sup>3</sup>	60	Rp 188,825.00	Rp 11,329,500.00
<b>II Pekerjaan Geomembran</b>					
1	Pengadaan Geomembran 0,75 mm	m <sup>2</sup>	120	Rp 35,000.00	Rp 4,200,000.00
2	Pemasangan Geomembran 0,75 mm	m <sup>2</sup>	120	Rp 13,000.00	Rp 1,560,000.00
Total Harga					Rp 22,509,000.00

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Tanah pada wilayah studi berdasarkan sistem klasifikasi USCS termasuk dalam klasifikasi CH sedangkan berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO masuk dalam klasifikasi A-7-5.
2. Berdasarkan perhitungan aktivitas tanah menggunakan Metode Skempton, ditemukan bahwa aktivitas tanah sebesar 0,43 sehingga tanah yang berada di wilayah studi masuk dalam kategori tanah yang memiliki potensi pengembangan yang tinggi.
3. Sistem perencanaan perlindungan talud dilakukan terhadap talud yang memiliki  $SF < 1,5$  dan berada di dekat daerah konstruksi.
4. Semua perencanaan rekayasa tanah ekspansif untuk Bukit akan dilakukan dengan Metode Keep it Dry (dilakukan pada musim kemarau) sedangkan untuk Lembah akan dilakukan dengan Metode Keep it Wet (dilakukan pada akhir musim penghujan).
5. Untuk Perencanaan Rekayasa Tanah untuk Jalan di Bukit didapatkan bahwa Alternatif yang paling efisien berdasarkan harga adalah Penggunaan Geomembran pada Parit
6. Untuk Perencanaan Rekayasa Tanah untuk Jalan di Lembah didapatkan bahwa Alternatif yang paling efisien berdasarkan harga adalah Penggunaan Geomembran di Bawah Konstruksi Jalan

7. Untuk Perencanaan Rekayasa Tanah untuk Rumah di Bukit didapatkan bahwa Alternatif yang paling efisien berdasarkan harga adalah Penggunaan Geomembran di Sekeliling Rumah
8. Untuk Perencanaan Rekayasa Tanah untuk Rumah di Lembah didapatkan bahwa Alternatif yang paling efisien berdasarkan harga adalah Penggunaan Geomembran di Sekeliling Rumah

## **5.2 Saran**

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini ada beberapa saran yang penulis ingin sampaikan, yaitu:

1. Perlu untuk melakukan penelitian lagi tentang kadar sulfat dalam tanah, karena apabila mencapai kadar tertentu maka penggunaan stabilisasi kapur tidaklah lagi efektif.
2. Perlu untuk dilakukan evaluasi terhadap sistem drainase yang sudah ada pada perumahan di Citraland, apakah masih menampung air pada saat musim penghujan, karena perencanaan geomembrane pada parit direncanakan dengan asumsi parit sudah dapat berfungsi dengan baik.
3. Perlu untuk melakukan penghitungan ulang terhadap harga yang digunakan, dikarenakan penulis mendapatkan harga berasal dari HSPK 2017, PT. Teknindo Geosistem Unggul, serta PT. Yoeowono Jaya Mandiri. Perusahaan lain akan memberikan harga yang berbeda dengan yang penulis gunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. (1984). *Physical and Geotechnical Properties of Soils* (2nd ed.). New York, USA: McGraw-Hill, Inc.
- Chen, F. (1975). *Foundation on Expansive Soils*. New York: Elsevier Scientific Publication Company.
- Hardiyatmo, H. (2006). *Mekanika Tanah I* (4th ed.). Yogyakarta, Indonesia: Gadjah Mada University Press.
- Ingles, O. G., & Metcalf, J. B. (1972). *Soil Stabilization Principles and Practice*. Sydney: Butterworths.
- Mochtar, I. B. (2000). *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah*. Surabaya, Indonesia: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- Mochtar, I. B. (2002). *Rekayasa Penanggulangan Masalah Pembangunan pada Tanah-tanah Sulit*. Surabaya, Indonesia: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- Nelson, J., & Miller, D. (1992). *Expansive Soils; Problem and practice in Foundation and Pavement Engineering*. New Delhi, India: John Wiley and Sons.
- Sudjianto, A. T. (2015). *Tanah Ekspansif; Karakteristik dan Pengukuran Perubahan Volume*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

## LAMPIRAN

Data Tanah:


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

**REKAP HASIL TEST LABORATORIUM**

CLIENT : PT. WIKA REALTY  
 PROJECT : PEMBANGUNAN APARTEMEN  
 LOCATION : CITRALAND, SURABAYA

BORE POINT : BH-1  
 BORE MASTER : HARNO, ST

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γt	γd	γsat	Pp	Cc	Cv
-5.50	2.609	1.389	80.76	43.00	58.14	1.562	1.092	1.674	*	*	*
-10.50	2.658	1.375	82.17	42.51	57.89	1.595	1.119	1.698	*	*	*
-15.50	2.671	1.325	83.98	41.66	56.90	1.627	1.149	1.719	*	*	*
-20.50	2.587	1.265	82.45	40.32	55.85	1.603	1.142	1.701	*	*	*
-30.50	2.688	1.196	86.21	38.42	54.50	1.693	1.223	1.768	*	*	*
-60.50	2.712	1.124	87.540	36.28	52.92	1.740	1.277	1.806	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH			PERMEABILITY
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	φ	C	Cu	
-5.50	0.00	6.15	91.85	63.65	32.18	31.47	0	*	0.24	*
-10.50	0.00	8.44	91.56	63.89	30.25	33.64	0	*	0.48	*
-15.50	0.00	8.67	91.33	64.18	31.56	32.62	0	*	0.78	*
-20.50	0.00	7.68	92.32	64.24	30.42	33.82	0	*	0.86	*
-30.50	0.00	7.89	92.11	64.53	33.15	31.38	0	*	0.91	*
-60.50	0.00	8.79	91.21	63.54	33.47	30.07	0	*	1.53	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	φ	= Angle of internal friction (degree)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C	= Cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )
	S + Cl	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	Cu	= Cohesion Undrained (kg/cm <sup>2</sup> )
	Gs	= Specific Gravity	Ws	= Water content (%)	γsat	= Saturated density (gr/cc)
	e	= Void ratio	n	= Porosity (%)	γd	= Dry density (gr/cc)
	Sr	= Degree of saturation (%)	γt	= Wet density (gr/cc)		
	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Cc	= Compression Index				
	Cv	= Compression of Consolidation (cm <sup>2</sup> /kg)				
	*	= Not test				





**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

**REKAP HASIL TEST LABORATORIUM**

CLIENT : PT. WIKI REALTY  
 PROJECT : PEMBANGUNAN APARTEMEN  
 LOCATION : CITRALAND, SURABAYA

BORE POINT : BH-2  
 BORE MASTER : HARNO, ST

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	yt	yd	ysat	Pp	Cc	Cv
-5.50	2.587	1.328	78.21	40.15	57.04	1.557	1.111	1.682	*	*	*
-10.50	2.643	1.243	80.43	37.83	55.42	1.624	1.178	1.733	*	*	*
-15.50	2.654	1.228	86.75	40.14	55.12	1.669	1.191	1.742	*	*	*
-20.50	2.618	1.121	91.24	39.07	52.85	1.717	1.234	1.763	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH			PERMEABILITY
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	$\phi$	C	Cu	
-5.50	0.00	8.74	91.26	65.47	32.11	33.36	0	*	0.26	*
-10.50	0.00	8.62	93.38	65.48	31.25	34.23	0	*	0.52	*
-15.50	0.00	8.43	91.57	66.59	32.70	33.89	0	*	0.87	*
-20.50	0.00	7.46	92.54	66.46	32.44	34.02	0	*	0.94	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	$\phi$	= Angle of internal friction (degree)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C	= Cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )
	S + Cl	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	Cu	= Cohesion Undrained (kg/cm <sup>2</sup> )
	Gs	= Specific Gravity	W <sub>L</sub>	= Water content (%)	$\gamma_{sat}$	= Saturated density (gr/cc)
	e	= Void ratio	n	= Porosity (%)	$\gamma_d$	= Dry density (gr/cc)
	Sr	= Degree of saturation (%)	$\eta$	= Wet density (gr/cc)		
	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Cc	= Compression Index				
	Cv	= Compression of Consolidation (cm <sup>2</sup> /kg)				
	*	= Not test				



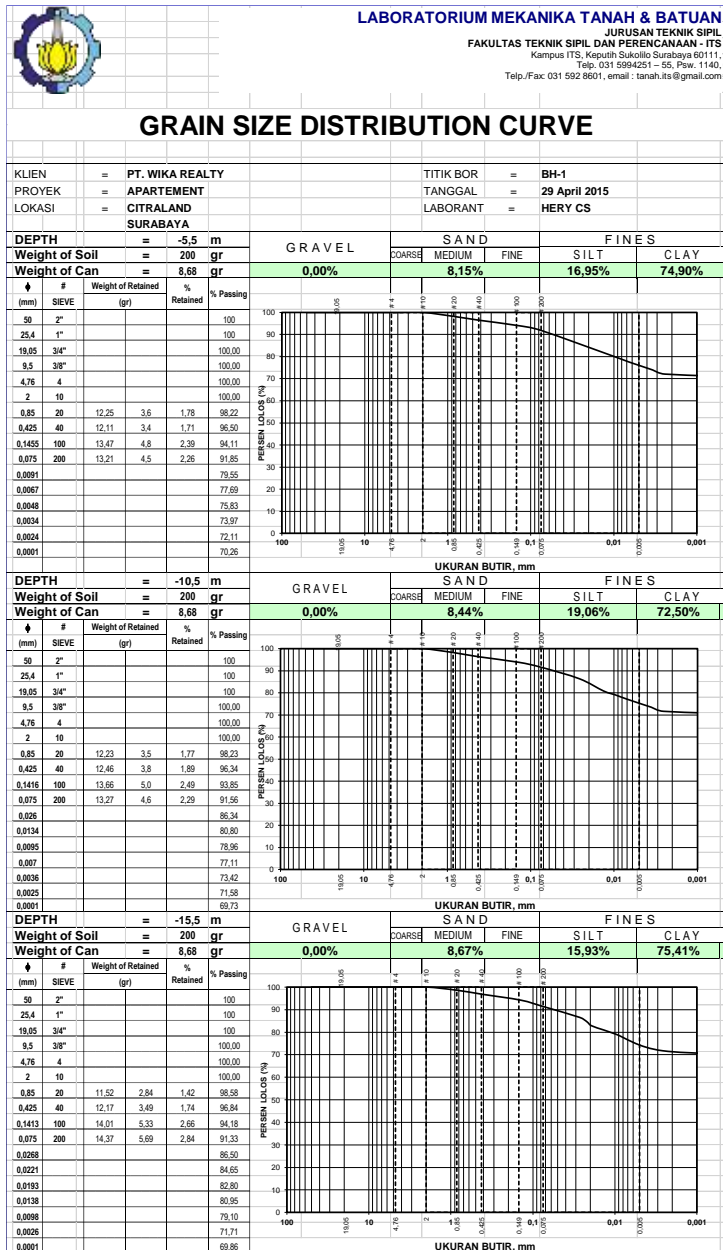


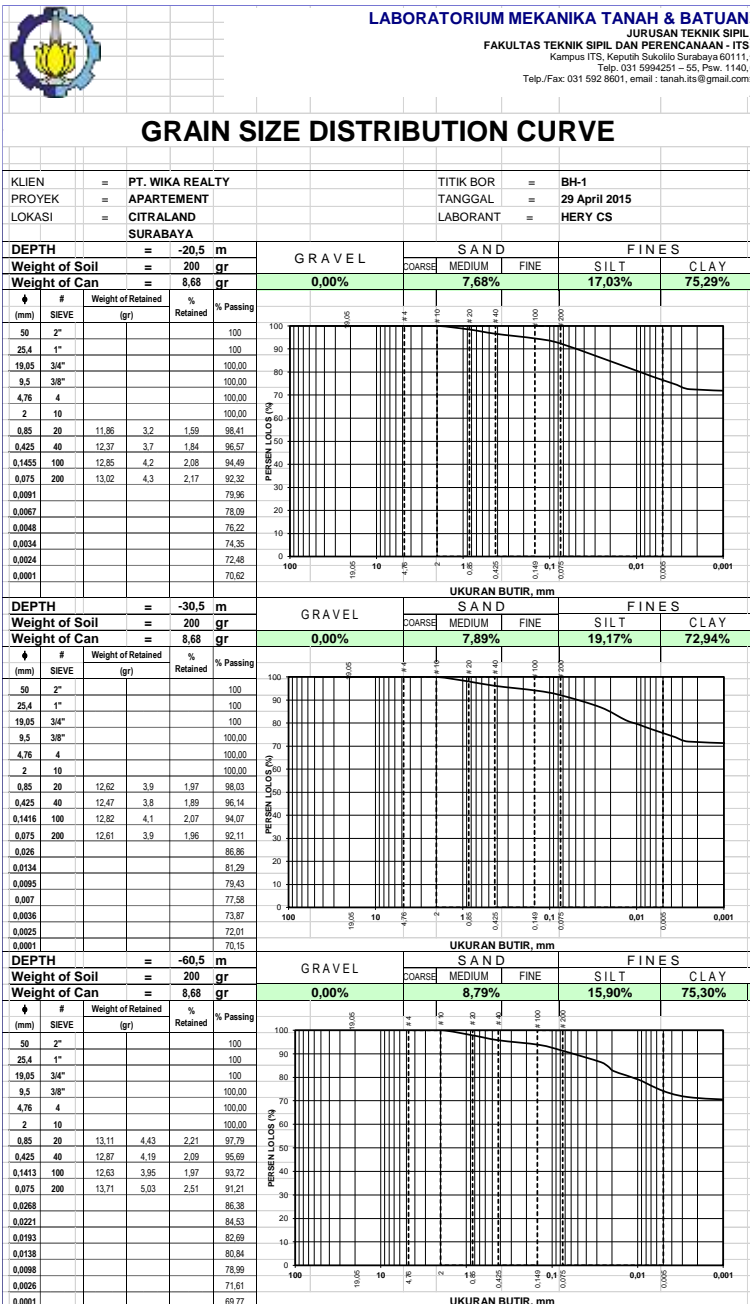




**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**  
 Kampus ITS, Sepuluh Nopember Surabaya  
 Telp. 031 5504000 - 15 lines, 1745  
 fmg@fmg.its.ac.id, fmg@fmg.its.ac.id

DRILLING LOG																		
CLIENT = PT. WKA REALTY				BORE TYPE = ROTARY DRILLING				Remarks:										
PROJECT NAME = APARTEMEN				START OF DATE = 12 MARET 2019				00 = Interval Sample										
PILOT NO. = 00.1				END OF DATE = 30 April 2019				05 = Core Sample										
WATER SURFACE = -0.70m				BORE MASTER = RABDO C5				07 = 100 Ton										
PROJECT LOCATION = CITRALAND, SURABAYA																		
Start to m	Interval (0.50) to m	Depth to m	Thickness to m	Logpad	Type of Soil	Cement	Relative Density or Consistency	Color of Remnant	Standard Penetration Test									
									SPT (CS)		SPT (SD)		Blows per inch 10 cm				R-Value	
									Length to m	Length to m	Length to m	Length to m	0 to 10 cm	10 to 20 cm	20 to 30 cm	30 to 40 cm	0 to 10 cm	0 to 10 cm
31.00	31.00	31.00							00.00	00.00	00.00	00.00						
32.00	32.00	32.00					VERY STIFF	SPT (1.4M/1)	00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	11	0	0
33.00	33.00	33.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	12	0	0
34.00	34.00	34.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	13	0	0
35.00	35.00	35.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	14	0	0
36.00	36.00	36.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	15	0	0
37.00	37.00	37.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	16	0	0
38.00	38.00	38.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	17	0	0
39.00	39.00	39.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	18	0	0
40.00	40.00	40.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	19	0	0
41.00	41.00	41.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	20	0	0
42.00	42.00	42.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	21	0	0
43.00	43.00	43.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	22	0	0
44.00	44.00	44.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	23	0	0
45.00	45.00	45.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	24	0	0
46.00	46.00	46.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	25	0	0
47.00	47.00	47.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	26	0	0
48.00	48.00	48.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	27	0	0
49.00	49.00	49.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	28	0	0
50.00	50.00	50.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	29	0	0
51.00	51.00	51.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	30	0	0
52.00	52.00	52.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	31	0	0
53.00	53.00	53.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	32	0	0
54.00	54.00	54.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	33	0	0
55.00	55.00	55.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	34	0	0
56.00	56.00	56.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	35	0	0
57.00	57.00	57.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	36	0	0
58.00	58.00	58.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	37	0	0
59.00	59.00	59.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	38	0	0
60.00	60.00	60.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	39	0	0
61.00	61.00	61.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	40	0	0
62.00	62.00	62.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	41	0	0
63.00	63.00	63.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	42	0	0
64.00	64.00	64.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	43	0	0
65.00	65.00	65.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	44	0	0
66.00	66.00	66.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	45	0	0
67.00	67.00	67.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	46	0	0
68.00	68.00	68.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	47	0	0
69.00	69.00	69.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	48	0	0
70.00	70.00	70.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	49	0	0
71.00	71.00	71.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	50	0	0
72.00	72.00	72.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	51	0	0
73.00	73.00	73.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	52	0	0
74.00	74.00	74.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	53	0	0
75.00	75.00	75.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	54	0	0
76.00	76.00	76.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	55	0	0
77.00	77.00	77.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	56	0	0
78.00	78.00	78.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	57	0	0
79.00	79.00	79.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	58	0	0
80.00	80.00	80.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	59	0	0
81.00	81.00	81.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	60	0	0
82.00	82.00	82.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	61	0	0
83.00	83.00	83.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	62	0	0
84.00	84.00	84.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	63	0	0
85.00	85.00	85.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	64	0	0
86.00	86.00	86.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	65	0	0
87.00	87.00	87.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	66	0	0
88.00	88.00	88.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	67	0	0
89.00	89.00	89.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	68	0	0
90.00	90.00	90.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	69	0	0
91.00	91.00	91.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	70	0	0
92.00	92.00	92.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	71	0	0
93.00	93.00	93.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	72	0	0
94.00	94.00	94.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	73	0	0
95.00	95.00	95.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	74	0	0
96.00	96.00	96.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	75	0	0
97.00	97.00	97.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	76	0	0
98.00	98.00	98.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	77	0	0
99.00	99.00	99.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	78	0	0
100.00	100.00	100.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	79	0	0
101.00	101.00	101.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	80	0	0
102.00	102.00	102.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	81	0	0
103.00	103.00	103.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	82	0	0
104.00	104.00	104.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	83	0	0
105.00	105.00	105.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	84	0	0
106.00	106.00	106.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	85	0	0
107.00	107.00	107.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	86	0	0
108.00	108.00	108.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	87	0	0
109.00	109.00	109.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	88	0	0
110.00	110.00	110.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	89	0	0
111.00	111.00	111.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	90	0	0
112.00	112.00	112.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	91	0	0
113.00	113.00	113.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	92	0	0
114.00	114.00	114.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	93	0	0
115.00	115.00	115.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	94	0	0
116.00	116.00	116.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	95	0	0
117.00	117.00	117.00							00.00	00.00	00.00	00.00	0	0	0	96	0	0
118.00	118.00	118.00																






**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,

Telp. 031 5994251 - 55, Psw. 1140,

Telp./Fax 031 592 8601, email : tanah.its@gmail.com

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION CURVE

KLIEN	=	PT. WIKA REALTY	TITIK BOR	=	BH-2
PROYEK	=	APARTEMEN	TANGGAL	=	29 April 2015
LOKASI	=	CITRALAND	LABORANT	=	HERY CS
SURABAYA					

DEPTH	=	-5,5	m	GRAVEL	SAND			FINES	
Weight of Soil	=	200	gr		COARSE	MEDIUM	FINE	SILT	CLAY
Weight of Can	=	8,68	gr	0,00%	8,74%			16,84%	74,43%
φ (mm)	#	Weight of Retained (gr)	% Retained	% Passing					
50	2"			100					
25,4	1"			100					
19,05	3/4"			100,00					
9,5	3/8"			100,00					
4,76	4			100,00					
2	10			100,00					
0,85	20	12,64	4,0	1,98					
0,425	40	12,71	4,0	2,01					
0,1455	100	13,25	4,6	2,28					
0,075	200	13,61	4,9	2,46					
0,0091				79,94					
0,0067				77,20					
0,0048				75,35					
0,0034				73,50					
0,0024				71,66					
0,0001				69,81					

UKURAN BUTIR, mm

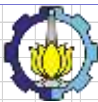
DEPTH	=	-10,5	m	GRAVEL	SAND			FINES	
Weight of Soil	=	200	gr		COARSE	MEDIUM	FINE	SILT	CLAY
Weight of Can	=	8,68	gr	0,00%	6,62%			19,44%	73,95%
φ (mm)	#	Weight of Retained (gr)	% Retained	% Passing					
50	2"			100					
25,4	1"			100					
19,05	3/4"			100					
9,5	3/8"			100,00					
4,76	4			100,00					
2	10			100,00					
0,85	20	12,82	4,1	97,93					
0,425	40	11,25	2,6	96,65					
0,1416	100	11,83	3,1	95,08					
0,075	200	12,07	3,4	93,38					
0,026				88,06					
0,0134				82,41					
0,0095				80,53					
0,007				78,65					
0,0036				74,89					
0,0025				73,01					
0,0001				71,12					

UKURAN BUTIR, mm

DEPTH	=	-15,5	m	GRAVEL	SAND			FINES	
Weight of Soil	=	200	gr		COARSE	MEDIUM	FINE	SILT	CLAY
Weight of Can	=	8,68	gr	0,00%	8,43%			15,97%	75,60%
φ (mm)	#	Weight of Retained (gr)	% Retained	% Passing					
50	2"			100					
25,4	1"			100					
19,05	3/4"			100					
9,5	3/8"			100,00					
4,76	4			100,00					
2	10			100,00					
0,85	20	12,19	3,51	96,25					
0,425	40	12,24	3,56	96,47					
0,1413	100	13,47	4,79	94,08					
0,075	200	13,69	5,01	91,57					
0,0268				86,72					
0,0221				84,87					
0,0193				83,02					
0,0138				81,16					
0,0098				79,31					
0,0026				71,90					
0,0001				70,05					

UKURAN BUTIR, mm




**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**  
 Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111,  
 Telp. 031 5994251 - 55, Psw. 1140,  
 Telp./Fax: 031 592 8601, email : tanah.its@gmail.com

## GRAIN SIZE DISTRIBUTION CURVE

KLIEN	=	PT. WIKA REALTY	TITIK BOR	=	BH-2
PROYEK	=	APARTEMEN	TANGGAL	=	29 April 2015
LOKASI	=	CITRALAND	LABORANT	=	HERY CS
		SURABAYA			

<b>DEPTH</b>	=	<b>-20.5 m</b>	<b>GRAVEL</b>	<b>SAND</b>	<b>FINES</b>
<b>Weight of Soil</b>	=	<b>200 gr</b>	COARSE	MEDIUM	FINE
<b>Weight of Can</b>	=	<b>8.68 gr</b>	<b>0,00%</b>	<b>7,46%</b>	<b>17,07%</b>
					<b>75,47%</b>
<b>↓</b>	<b>#</b>	<b>Weight of Retained</b>	<b>% Retained</b>	<b>% Passing</b>	
(mm)	SIEVE	(gr)			
90	2"			100	
25.4	1"			100	
19.05	3/4"			100,00	
9.5	3/8"			100,00	
4.76	4			100,00	
2	10			100,00	
0.85	20	12.44	3.8	1.88	98.12
0.425	40	12.92	4.2	2.12	96.00
0.1455	100	12.07	3.4	1.69	94.31
0.075	200	12.23	3.5	1.77	92.54
0.0091				80.15	
0.0067				78.27	
0.0048				76.40	
0.0034				74.53	
0.0024				72.66	
0.0001				70.76	

<b>DEPTH</b>	=	<b>-50.5 m</b>	<b>GRAVEL</b>	<b>SAND</b>	<b>FINES</b>
<b>Weight of Soil</b>	=	<b>200 gr</b>	COARSE	MEDIUM	FINE
<b>Weight of Can</b>	=	<b>8.68 gr</b>	<b>0,00%</b>	<b>8,79%</b>	<b>18,98%</b>
					<b>72,22%</b>
<b>↓</b>	<b>#</b>	<b>Weight of Retained</b>	<b>% Retained</b>	<b>% Passing</b>	
(mm)	SIEVE	(gr)			
90	2"			100	
25.4	1"			100	
19.05	3/4"			100	
9.5	3/8"			100,00	
4.76	4			100,00	
2	10			100,00	
0.85	20	13.11	4.4	2.21	97.79
0.425	40	12.87	4.2	2.09	95.69
0.1416	100	12.63	3.9	1.97	93.72
0.075	200	13.71	5.0	2.51	91.21
0.026				86.01	
0.0134				80.49	
0.0095				78.66	
0.007				76.82	
0.0036				73.14	
0.0025				71.31	
0.0001				69.47	

<b>DEPTH</b>	=	<b>-55.5 m</b>	<b>GRAVEL</b>	<b>SAND</b>	<b>FINES</b>
<b>Weight of Soil</b>	=	<b>200 gr</b>	COARSE	MEDIUM	FINE
<b>Weight of Can</b>	=	<b>8.68 gr</b>	<b>0,00%</b>	<b>8,67%</b>	<b>15,93%</b>
					<b>75,41%</b>
<b>↓</b>	<b>#</b>	<b>Weight of Retained</b>	<b>% Retained</b>	<b>% Passing</b>	
(mm)	SIEVE	(gr)			
90	2"			100	
25.4	1"			100	
19.05	3/4"			100	
9.5	3/8"			100,00	
4.76	4			100,00	
2	10			100,00	
0.85	20	11.52	2.84	1.42	98.58
0.425	40	12.17	3.49	1.74	96.84
0.1413	100	14.01	5.33	2.66	94.18
0.075	200	14.37	5.69	2.84	91.33
0.0268				86.50	
0.0221				84.65	
0.0193				82.80	
0.0138				80.95	
0.0098				79.10	
0.0026				71.71	
0.0001				69.86	



Samuel Giovanni, penulis dilahirkan di Surabaya pada 13 Mei 1996, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Katolik Karitas 1 (Surabaya), SD Katolik Karitas 1 (Surabaya), SMP Kristen Gloria 1 (Surabaya), dan SMA Kristen Gloria 1 (Surabaya). Setelah lulus dari SMA Kristen Gloria 1 pada tahun 2014, penulis masuk Sarjana (S1) ITS melalui program Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan diterima di Jurusan S1 Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 3114 100 112. Penulis mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada tahun 2018 dengan Judul Tugas Akhir “Usulan Penyelesaian Masalah Rekayasa Tanah untuk Jalan dan Gedung di Atas Tanah Ekspansif Studi Kasus Surabaya Barat”.